

**Pastoreo intensivo en distintas estaciones del año:  
efectos a escala de planta y de comunidad  
en una estepa de Patagonia Norte**

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos Aires,  
Área Recursos Naturales*

**Clara María Fariña**

Lic. en Ciencias Ambientales - Universidad de Buenos Aires - 2010

Lugar de trabajo: Estación Experimental Agropecuaria INTA Bariloche



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano  
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires



## COMITÉ CONSEJERO

Director de Tesis

**Martín Oesterheld**

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Ph.D. in Biology (Syracuse University)

Co-director de Tesis

**Guillermo L. Siffredi**

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

M.Sc. en Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Mar del Plata)

Consejero de Estudios

**Andrés F. Cibils**

Ingeniero Zootecnista (Universidad Nacional de Lomas de Zamora)

M.Sc. in Rangeland Ecosystem Science (Colorado State University)

Ph.D. in Rangeland Ecosystem Science (Colorado State University)

## JURADO DE TESIS

JURADO

**Roberto A. Distel**

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de La Pampa)

M.Sc. en Producción vegetal (Universidad Nacional del Sur)

Ph.D. in Rangelands Ecology and Management (Utah State University)

JURADO

**Martín Garbulsky**

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

M.Sc. en Recursos Naturales (Universidad de Buenos Aires)

Ph.D. en Ecología Terrestre (Universitat Autònoma de Barcelona)

JURADO

**Verónica Gargaglione**

Ingeniera en Recursos Naturales Renovables (Universidad Nacional de la Patagonia Austral)

Ph.D. en Ciencias Agrarias (Universidad de Buenos Aires)

Fecha de defensa de la tesis: 13 de NOVIEMBRE de 2018

A mi viejo,  
porque a él y a todos sus años dedicados con pasión a la Patagonia  
les debo mi vocación profesional.

## AGRADECIMIENTOS

Al INTA en general. A la EEA Bariloche en particular.

A Guillermo Siffredi, que con mucha generosidad me compartió su experiencia en los últimos años de su carrera profesional.

A Martín, que también de manera generosa aceptó ayudarme en esta etapa, aún a la distancia. Y a Andrés, que con mayor distancia colaboró para que logremos el cometido.

A Aldana, Vale, Pablo, Dani, Nati, que con sus planilleos o compañía hicieron de esta etapa incluso más amena.

A Dardo, que me compartió su pasión por la ecología y por esta carrera interminable del querer saber.

A José, Rubén, Luciano, Martín y Gustavo por su colaboración indispensable en el campo.

A Humberto y Aldo, por su ayuda en tan diversas tareas.

A todos los que me ayudaron en cosas grandes o chicas, pero indispensables: Priscila W., Andrea E., Laura B., Emilio B., Moni R., Maca B., Jorgelina F., Viqui C., Maxi D., Javier F. y Pris E.

A mis papás, que me enseñaron con el ejemplo la importancia de la formación con responsabilidad.

A John y a Inés, por entender.

## DECLARACIÓN

*Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
Capítulo I: Introducción general .....	1
1.1 Introducción general.....	2
1.1.1 El sistema de pastoreo intensivo .....	2
1.1.2 Variables determinantes del efecto del pastoreo: carga animal y estación del año .....	3
1.1.3 Situación regional.....	5
1.1.4 Objetivos de la tesis .....	7
1.2 Organización de la tesis .....	8
Capítulo II: Efecto del pastoreo intensivo en distintas estaciones del año a escala de planta.....	9
2.1 Introducción.....	10
2.2 Objetivo e hipótesis .....	13
2.3 Materiales y métodos.....	14
2.3.1 Sitio de estudio.....	14
2.3.2 Tratamientos de pastoreo .....	16
2.3.3 Diseño experimental.....	18
2.3.4 Especies bajo estudio .....	20
2.3.5 Variables de respuesta.....	21
2.3.6 Análisis de datos .....	24
2.4 Resultados .....	25
2.4.1 <i>Poa ligularis</i> .....	25
2.4.2 <i>Pappostipa speciosa</i> .....	33
2.4.3 <i>Azorella prolifera</i> .....	39
2.4.4 <i>Senecio filaginoides</i> .....	44
2.4.5 Selectividad .....	47
2.5 Discusión .....	49
Capítulo III: Efecto del pastoreo intensivo en distintas estaciones del año a escala de comunidad.....	57
3.1 Introducción.....	58
3.2 Objetivo e hipótesis .....	61
3.3 Materiales y métodos.....	63
3.3.1 Sitio de estudio, tratamientos y diseño experimental .....	63
3.3.2 Variables de respuesta .....	63

3.3.3 Análisis de datos .....	69
3.4 Resultados .....	70
3.4.1 Cobertura y estructura de parches e interparches.....	70
3.4.2 Intercambio neto de CO <sub>2</sub> del ecosistema.....	73
3.4.3 Disponibilidad forrajera .....	73
3.4.4 Reclutamiento de plántulas y mortalidad de plantas jóvenes.....	74
3.4.5 Suelo.....	75
3.4.6 Índices funcionales.....	75
3.5 Discusión .....	76
Capítulo IV: Discusión general.....	83
4.1 Principales resultados obtenidos .....	84
4.1.1 Efectos del pastoreo intensivo sobre la estepa semiárida.....	84
4.1.2 Cumplimiento de los objetivos del pastoreo intensivo en el marco del Manejo Holístico .....	86
4.2 Contribución a las decisiones de manejo de pastizales .....	88
4.3 Perspectivas .....	90
Bibliografía .....	91
Apéndice .....	103

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Características de los tratamientos de pastoreo aplicados: fechas y duración del pastoreo, carga anual y grado de uso final por especie. ....	18
<b>Tabla 3.1.</b> Variables utilizadas para el cálculo de los índices funcionales de estabilidad, infiltración y reciclaje de nutrientes. ....	69
<b>Tabla 3.2.</b> Características de parches e interparches de transectas fijas en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	72
<b>Tabla 3.3.</b> Disponibilidad forrajera de gramíneas en enero 2015 por método de Valor Pastoral y 2016 por método de corte de biomasa, para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	74
<b>Tabla 3.4.</b> Densidad aparente (0 - 4,5 cm), tasa de infiltración y materia orgánica particulada (0 - 10 cm) en mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	75
<b>Tabla 3.5.</b> Índices funcionales en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	76
<b>Tabla A.2.1</b> Precipitación, temperatura media y humedad del suelo en los años de estudio (2014, 2015 y 2016) y en el período 1986-2003 (promedio histórico) en el sitio de estudio. ....	103
<b>Tabla A.2.2</b> Diámetro basal promedio de <i>Poa ligularis</i> , <i>Pappostipa speciosa</i> , <i>Azorella prolifera</i> y <i>Senecio filaginoides</i> en 2014, antes del inicio de los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	103
<b>Tabla A.2.3</b> Grado de uso de <i>Poa ligularis</i> y <i>Pappostipa speciosa</i> en distintos momentos de aplicación de los tratamientos de pastoreo intensivo Invernal, Primavera y Otoño. ....	104
<b>Tabla A.2.4</b> Composición botánica (%) de la dieta de ovejas bajo los tratamientos de pastoreo Moderado Continuo e Intensivo en tres momentos del año: invierno, primavera y otoño. ....	105
<b>Tabla A.3.1</b> Listado de especies según grupo funcional y preferencia forrajera .....	106
<b>Tabla A.3.2</b> Características estructurales de la comunidad vegetal en junio 2014, antes del inicio de los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	107
<b>Tabla A.4.1</b> Peso vivo (kg) y condición corporal (escala 1 a 5) de ovejas en pastoreo intensivo, medidos al inicio y al final de cada tratamiento de pastoreo intensivo .....	108



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Precipitación mensual, temperatura media mensual y humedad del suelo mensual en el período 2014-2016 en el sitio de estudio, y principales fenofases de la comunidad vegetal en general: latencia, crecimiento vegetativo y fructificación .....	16
<b>Figura 2.2.</b> Cronograma de pastoreos y descansos para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño .....	17
<b>Figura 2.3.</b> Esquema del diseño experimental de Bloques Completos Aleatorizados con la distribución de los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	19
<b>Figura 2.4.</b> Longitud promedio de la hoja viva más larga de cada macollo de <i>Poa ligularis</i> entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	26
<b>Figura 2.5.</b> Cantidad promedio de hojas por macollo verdes (a), amarillas (b) y grises(c) de <i>Poa ligularis</i> entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	28
<b>Figura 2.6.</b> Cantidad de macollos hijos por macollo madre de <i>Poa ligularis</i> en mayo 2015 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	29
<b>Figura 2.7.</b> Diámetro basal promedio de <i>Poa ligularis</i> para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño, en septiembre 2016 .....	30
<b>Figura 2.8.</b> Cantidad (a), peso (b) y altura (c) de panojas de <i>Poa ligularis</i> en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño .....	31
<b>Figura 2.9.</b> Crecimiento anual de raíces de <i>Poa ligularis</i> en septiembre 2015 y septiembre 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	32
<b>Figura 2.10.</b> Longitud promedio de la hoja viva más larga de cada macollo de <i>Pappostipa speciosa</i> entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	34
<b>Figura 2.11.</b> Cantidad promedio de hojas por macollo verdes (a), amarillas (b) y grises (c) de <i>Pappostipa speciosa</i> entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	35
<b>Figura 2.12.</b> Cantidad de macollos hijos por macollo de <i>Pappostipa speciosa</i> en mayo 2015 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	36
<b>Figura 2.13.</b> Diámetro basal promedio de <i>Pappostipa speciosa</i> para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño en septiembre 2016. ....	37
<b>Figura 2.14.</b> Cantidad (a), peso (b) y altura (c) de panojas por planta de <i>Pappostipa speciosa</i> en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	38

<b>Figura 2.15.</b> Longitud promedio de brote vivo principal (a), brotes laterales (b) y cantidad promedio de brotes laterales (c) de <i>Azorella prolifera</i> entre noviembre y mayo de los dos años de muestreo para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño.....	41
<b>Figura 2.16.</b> Diámetro basal promedio de <i>Azorella prolifera</i> para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño, en octubre 2016.....	42
<b>Figura 2.17.</b> Cantidad de flores de <i>Azorella prolifera</i> en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	43
<b>Figura 2.18.</b> Longitud promedio de brote principal (a), brotes laterales (b) y cantidad promedio de brotes laterales (c) por brotes principal de <i>Senecio filaginoides</i> entre noviembre 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño.....	45
<b>Figura 2.19.</b> Diámetro basal promedio de <i>Senecio filaginoides</i> para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño, en octubre 2016.....	46
<b>Figura 2.20.</b> Cantidad de flores de <i>Senecio filaginoides</i> en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	47
<b>Figura 2.21.</b> Grado de uso promedio de <i>Poa ligularis</i> y <i>Pappostipa speciosa</i> a lo largo de la aplicación de los pastoreos intensivos. ....	48
<b>Figura 2.22.</b> Presencia de <i>Pappostipa spp.</i> (a) y <i>Poa spp.</i> (b) en dieta de ovejas bajo los tratamientos de pastoreo Moderado Continuo (barras grises) y de los pastoreos intensivos de invierno (barras azules), primavera (barras verdes) y otoño (barras rojas)....	49
<b>Figura 3.1.</b> Instrumental utilizado para medir el intercambio neto de CO <sub>2</sub> del ecosistema: cámara transparente conectada al analizador de gases infrarrojos (Modelo EGM-4, PP Systems). ....	65
<b>Figura 3.2.</b> Cobertura absoluta vegetal viva <b>a)</b> , de suelo desnudo <b>b)</b> , de mantillo y <b>c)</b> de material muerto en pie <b>d)</b> , en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	71
<b>Figura 3.3.</b> Cobertura absoluta por grupo funcional de pastos preferidos <b>a)</b> , pastos no preferidos <b>b)</b> arbustos preferidos <b>c)</b> y arbustos no preferidos <b>d)</b> en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño ....	72
<b>Figura 3.4.</b> Intercambio neto promedio de CO <sub>2</sub> del ecosistema en parches de <i>Poa ligularis</i> en el momento del día de máxima tasa fotosintética, entre diciembre 2014 y marzo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	73
<b>Figura 3.5.</b> Reclutamiento de plántulas perennes en junio 2015 y junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. ....	74

## ABREVIATURAS

cm	centímetro
CO <sub>2</sub>	dióxido de carbono
DBCA	diseño en bloques completos aleatorizados
EO	equivalente oveja
g	gramo
h	hora
ha	hectárea
kg	kilogramo
m	metro
m s.n.m.	metros sobre el nivel del mar
m <sup>2</sup>	metro cuadrado
m <sup>3</sup>	metro cúbico
mm	milímetro
MS	materia seca
nº	número
°C	grado centígrado
s	segundo

## **RESUMEN**

### **Título: Pastoreo intensivo en distintas estaciones del año: efectos a escala de planta y de comunidad en una estepa de Patagonia Norte**

En el marco del Manejo Holístico de Recursos® se propone al pastoreo intensivo como herramienta para lograr beneficios en el pastizal respecto del pastoreo continuo de carga moderada. Para efectuar un manejo de pastoreo sustentable es fundamental elegir correctamente la carga animal y el momento del pastoreo, especialmente en sistemas semiáridos donde el crecimiento vegetal es estacional. El objetivo de esta tesis fue evaluar la respuesta de la vegetación de estepa al pastoreo ovino intensivo aplicado en distintas estaciones del año, coincidentes con fenologías contrastantes de la vegetación. Para ello, durante dos años en una estepa del Distrito Occidental Patagónico se aplicaron tratamientos de pastoreo de muy alta carga en tres estaciones del año: invierno, primavera y otoño. Se utilizaron como referencia el pastoreo continuo tradicional de carga moderada y la exclusión del pastoreo. Se midieron variables a escala de planta, sobre gramíneas y arbustos de distinta preferencia forrajera, y a escala de comunidad vegetal. El pastoreo intensivo de primavera redujo la longitud de hojas de gramíneas y duplicó el número de hojas vivas y macollos en la especie de preferencia forrajera intermedia, redujo la fructificación, aumentó la longitud de brotes y redujo el tamaño de planta del arbusto forrajero. A escala de comunidad, el pastoreo intensivo redujo la cobertura de pastos preferidos, el ancho de parches y la infiltración de agua en suelo, mientras que aumentó la cobertura de mantillo. Los pastoreos intensivos de invierno y otoño tuvieron efectos intermedios entre el pastoreo intensivo de primavera y los tratamientos de referencia. Los pastoreos intensivos, independientemente de la estación del año en que se los aplicó, redujeron la biomasa muerta en pie de la gramínea de mayor preferencia forrajera y aumentaron la mortalidad de plantas jóvenes. Los resultados obtenidos evidencian que el pastoreo intensivo en las condiciones estudiadas alteró la estructura y función del pastizal. La información generada contribuye a la toma de decisiones para un manejo sustentable del pastizal natural en áreas de estepa semiárida.

**Palabras clave:** fenología, manejo de pastizales, manejo del pastoreo, preferencia forrajera, carga animal, selectividad.

## **ABSTRACT**

### **Title: Intensive grazing in different seasons: plant -and community- level effects in a northern Patagonian steppe**

The Holistic Resource Management® propose to improve rangelands through short-duration, high-intensity (intensive) grazing in contrast to continuous, moderate-intensity grazing. Sustainable grazing management depends on the correct election of the level and timing of stocking rates throughout the year, especially in semiarid systems where plant growth is markedly seasonal. The aim of this thesis was to evaluate the effects of intensive sheep grazing in different seasons with contrasting plant phenological stages. During two years in a semiarid grass-shrub steppe of Occidental District of Patagonia, we applied three treatments of short duration and very high stocking rate grazing by sheep in three different seasons: winter, spring and autumn. We also set continuous grazing with moderate stocking rate and grazing exclusion as reference treatments. We assessed several individual-plant variables on grasses and shrubs with different forage value, as well as other variables at community level. Spring intensive grazing shortened grass leaves, doubled the number of living leaves and tillers of the lower forage preference species, lengthened shoots and shortened plant size of forage shrub. At community level, spring intensive grazing reduced fructification, increased litter cover, and reduced forage grasses cover, patch width, and infiltration rate. Both winter and autumn intensive grazing had intermediate values between spring intensive grazing and reference treatments. Intensive grazing at any season reduced total of long-term dead leaves of the more preferred grass and increased the mortality of young plants. We conclude that intensive grazing under the studied conditions generated undesired changes of rangeland structure and function. These results contribute to decision making towards a sustainable rangeland management of semiarid steppes.

**Keywords:** phenology, rangeland management, grazing management, forage value, stocking rate, selectivity.

## **Capítulo I: Introducción general**

## **1.1 Introducción general**

### **1.1.1 El sistema de pastoreo intensivo**

En el marco del Manejo Holístico de Recursos®, una de las herramientas que se ponen a consideración para el manejo del establecimiento productivo es el sistema de pastoreo. Uno de los sistemas de pastoreo propuestos es el sistema rotativo de alta intensidad y baja frecuencia (de ahora en adelante “pastoreo intensivo”), el cual consiste en utilizar alta densidad animal durante tiempos cortos seguidos por descansos largos (Savory y Parsons 1980; Savory 1983, 1988). Los objetivos de su utilización como herramienta en el Manejo Holístico de Recursos® son varios. Siempre en comparación con sistemas de pastoreo continuos con cargas moderadas, se espera que este sistema incremente la carga animal (cantidad de animales por unidad de superficie y tiempo), aumente la cobertura vegetal, calidad y productividad forrajera, incorpore material vegetal al suelo para su descomposición, favorezca el ciclaje de agua y nutrientes, homogeneice espacialmente el pastoreo, distribuya la broza en superficie para facilitar la infiltración, aumente el crecimiento de raíces, regenere el pastizal degradado, mejore el resultado económico del productor ganadero y reduzca su variabilidad interanual (Savory y Parsons 1980; Savory 1983, 1988; Holechek et al. 1989; Butterfield et al. 2006).

Los pilares fundamentales del sistema de pastoreo intensivo son los descansos y el aumento de densidad animal. El método de Manejo Holístico de Recursos® define la duración de los descansos en una relación inversa a la tasa de crecimiento de las plantas: en épocas de crecimiento lento los descansos deben ser largos para permitir la recuperación de las plantas, mientras que en épocas de crecimiento rápido los descansos pueden ser más cortos (Savory y Parsons 1980; Butterfield et al. 2006). Por otro lado, el

aumento de la densidad animal busca intensificar la acción de las pezuñas sobre las plantas y el suelo, lo que, junto con los cortos tiempos de pastoreo, simularía la dinámica natural de los herbívoros silvestres nativos que solían moverse en grandes grupos y permanecían poco tiempo en un mismo lugar de acuerdo con la presencia de predadores y la disponibilidad de forraje (Savory 1988, 1991; Butterfield et al. 2006).

El funcionamiento del sistema de pastoreo intensivo y sus consecuencias sobre la vegetación y el suelo han sido debatidos y evaluados en ambientes de todo el mundo, pero no se han obtenido resultados contundentes que avalen el cumplimiento de sus objetivos (Heitschmidt y Walker 1983; Skovlin 1987; Holechek et al. 2000; Teague et al. 2004; Briske et al. 2008; Briske et al. 2011; Carter et al. 2014; Cibils et al. 2014; Chaplot et al. 2016). En ocasiones, el pastoreo intensivo ha generado menor o igual productividad forrajera (Gammon 1984; Derner y Hart 2007; Briske et al. 2008; Oliva et al. 2016), menor cobertura vegetal (Manley et al. 1997; Nash et al. 2004), menores tasas de infiltración y mayor densidad aparente del suelo (Willatt y Pullar 1984; Warren et al. 1986; Weltz y Wood 1986; Thurow et al. 1988; Thurow 1991; Nash et al. 2004), que sitios similares bajo pastoreo continuo o estacional de cargas leves o moderadas. Esta alta diversidad en los resultados se debe a una complejidad de variables, entre las cuales no sólo se encuentran las condiciones abióticas, sino también otros factores que determinan el efecto del pastoreo como el momento en que se lo realiza, la carga animal y los tiempos de pastoreo y descanso implementados.

### **1.1.2 Variables determinantes del efecto del pastoreo: carga animal y estación del año**

El pastoreo promueve cambios en el pastizal a diferentes escalas espaciales (paisaje, comunidad, población, parche, planta, macollo), y la magnitud y dirección de



esos cambios dependen de al menos dos componentes del sistema de pastoreo: la carga animal y la estación del año en que se lo realiza (lo que implica distintas condiciones abióticas y fenofases de la vegetación) (Cook y Stoddart 1953; McNaughton 1979; Briske y Heitschmidt 1991; Heady y Child 1994). La evaluación de cómo estos elementos modifican el pastizal a cada una de estas escalas contribuye a perfeccionar herramientas de manejo para la aplicación de sistemas de pastoreo sustentables.

Una carga animal alta provoca mayores cambios sobre la vegetación y el suelo que una carga moderada o baja (McNaughton 1983; Holechek et al. 1989). El pastoreo intensivo reduce la selectividad, es decir, el grado en el cual una especie es defoliada con una intensidad diferente a la esperable de acuerdo a su proporción (Hodgson 1979), por lo que homogeneiza la utilización del pastizal y reduce la defoliación sufrida por las especies de mayor preferencia<sup>1</sup> (Bailey 1995; Augustine y McNaughton 1998; Vallentine 2001; Bailey y Brown 2011). Asimismo, la alta carga animal aumenta la magnitud de los efectos negativos del pisoteo sobre variables de la estructura del suelo como la tasa de infiltración o la densidad aparente respecto de pastoreos leves o moderados (Willatt y Pullar 1984; Warren et al. 1986; Thurow 1991; Nash et al. 2004; Chamane et al. 2017).

La estación del año determina la fenología y morfogénesis de la vegetación, las cuales si bien son genéticamente determinadas, dependen fuertemente de las condiciones abióticas y a su vez influyen en el efecto del pastoreo sobre la comunidad vegetal (Cook y Stoddart 1953; Heady y Child 1994; Zhang y Romo 1994; Adler y Morales 1999; Müller et al. 2007). El período de latencia o dormición es el menos

---

<sup>1</sup> Hodgson (1979) define el término “preferencia” como la discriminación ejercida por los herbívoros entre los componentes de la cobertura vegetal o parte de esos componentes cuando no existen restricciones en esa elección.

crítico para la remoción foliar, y si el descanso coincide con fenofases de actividad vegetativa, cuando son abundantes los meristemas activos, la vegetación sufre menos efectos negativos (reducción de cobertura y productividad) y las plantas recuperan su vigor más rápido que si el descanso ocurriese en latencia (Holechek et al. 1989; Briske 1991; Zhang y Romo 1995; Reece et al. 1996; Ash y McIvor 1998; Adler y Morales 1999, Holechek et al. 2000; Heitschmidt et al. 2005; Müller et al. 2007; Bork et al. 2017). La fenofase incide también en el grado de exposición al herbívoro de ciertas estructuras clave para el desarrollo de la planta: luego de la elongación de los entrenudos en gramíneas, una defoliación elimina más fácilmente los meristemas apicales e intercalares activos que están más elevados y expuestos, lo que retrasa el crecimiento posterior (Gold y Caldwell 1989a). En estepas semiáridas, el pastoreo moderado incrementó la productividad primaria aérea neta de una gramínea preferida durante su período vegetativo y la redujo durante la etapa reproductiva (Bertiller y Deffosé 1990). Dada su importancia en la relación planta -herbívoro, considerar la estación del año y la consecuente fenología de las comunidades vegetales es una de las estrategias de manejo recomendadas para evitar la degradación de pastizales (Heady y Child 1994; Golluscio et al. 1998).

### **1.1.3 Situación regional**

En los sistemas áridos y semiáridos, las condiciones abióticas también influyen en los cambios que el pastoreo genera en la vegetación. En estos ambientes, la escasa predictibilidad y duración del período de crecimiento (Noy-Meir 1973) determinan que las plantas tengan menor probabilidad de crecer luego de una defoliación que en un ambiente donde la estación de crecimiento es más larga, independientemente del sistema de pastoreo aplicado (Holechek et al. 1989; Bailey y Brown 2011; Bork et al.

2017). A medida que la aridez aumenta, el beneficio de los descansos es menos influyente (Taylor et al. 1993; Ward et al. 2004; Bailey y Brown 2011) porque la productividad vegetal es explicada mayoritariamente por la carga animal y las condiciones ambientales (temperatura, humedad) durante la estación de crecimiento (Heady y Child 1994; Jobbágy y Sala 2000; Sternberg et al. 2000; Joseph et al. 2002; Derner y Hart 2007; Briske et al. 2008; Paruelo et al. 2008; Oñatibia 2013).

En las estepas semiáridas del norte de Patagonia el crecimiento de la vegetación natural, que es máximo en primavera, está limitado por la baja disponibilidad de agua en verano y por las bajas temperaturas en invierno (Soriano y Sala 1983; Sala et al. 1989; Paruelo y Sala 1995; Jobbágy y Sala 2000). Este patrón estacional de disponibilidad de agua y de temperatura condiciona fuertemente el crecimiento de las plantas, y por ello el efecto del pastoreo sobre esos pastizales está fuertemente determinado por la estación del año en que se realice el pastoreo y el posterior descanso.

En Patagonia, históricamente se ha utilizado el sistema de pastoreo ovino continuo o rotativo en cuadros grandes ( $>1000$  ha) con carga animal baja o moderada ( $0,1-0,3$  ovejas.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>), y sus efectos sobre la vegetación han sido amplia y abundantemente estudiados (Bisigato y Bertiller 1997; Perelman et al. 1997; Oliva et al. 1998; Mercau 2000; Cipriotti y Aguiar 2005; Golluscio et al. 2005b; Gaitán et al. 2009; Cesa y Paruelo 2011; Oñatibia 2013). El pastoreo continuo y la utilización de cargas bajas en cuadros muy extensos y heterogéneos, donde la selectividad del pastoreo genera sobreutilización de algunas especies o áreas y la subutilización de otras, son considerados entre los principales factores de degradación de los pastizales patagónicos (Golluscio et al. 1998). Esta heterogeneidad en el uso del pastizal podría reducirse mediante la aplicación de un sistema de pastoreo rotativo de alta intensidad y corta duración como el que se ha difundido en el último tiempo en la región, si se contara con

información sólida que evalúe sus efectos y permita adaptarlo a los pastizales patagónicos.

La información sobre sistemas de pastoreo intensivo con descansos en estepas patagónicas es muy escasa. La gran mayoría de los estudios existentes sobre pastoreo intensivo utilizaron pastoreo continuo o estacional y cargas levemente superiores a las cargas tradicionales consideradas como moderadas (Siffredi et al. 1992; Oliva et al. 1998; Buono et al. 2011; Oñatibia y Aguiar 2016). Asimismo, la interacción del pastoreo intensivo con la estación del año y la fenología de las estepas no ha sido estudiada en profundidad hasta el momento en Patagonia, ni en otras regiones del mundo (Reece et al. 1996; Briske et al. 2011). Dada la importancia de los pastizales naturales semiáridos a nivel regional y mundial como recurso fundamental para la producción ganadera extensiva, es imprescindible generar información en pos de que la creciente difusión del sistema de pastoreo intensivo en estos ambientes sea ecológica y económicamente eficiente.

#### **1.1.4 Objetivos de la tesis**

El objetivo general de este estudio fue evaluar la respuesta de la vegetación de estepa a escala de planta y de comunidad al pastoreo ovino intensivo aplicado en distintas estaciones del año, las cuales corresponden a fenologías contrastantes de la vegetación. Los objetivos específicos fueron:

Objetivo Específico 1: Evaluar el efecto del pastoreo intensivo aplicado en distintas estaciones del año sobre plantas individuales de dos gramíneas y dos arbustos de distinta preferencia (capítulo II).

Objetivo Específico 2: Evaluar el efecto del pastoreo intensivo aplicado en distintas estaciones del año sobre la estructura y el funcionamiento de la comunidad, tanto en parámetros de vegetación como de suelo (capítulo III).

## **1.2 Organización de la tesis**

La tesis está organizada en cuatro capítulos. El presente capítulo I desarrolla la introducción general a la temática y los diferentes objetivos planteados según la escala de análisis. El capítulo II aborda la descripción del sistema de estudio y la metodología implementada, principalmente los tratamientos de pastoreo aplicados, los cuales son comunes a toda la tesis. El efecto de estos tratamientos de pastoreo es analizado en los capítulos según la escala de análisis. El mismo capítulo II detalla los cambios que estos tratamientos generaron a escala de planta (objetivo específico 1), para lo que se evalúan cuatro especies clave de la comunidad con distinta preferencia por parte del ovino. El capítulo III aborda los cambios generados por los mismos tratamientos de pastoreo a escala de comunidad (objetivo específico 2), a partir de evaluar la estructura y ciertos procesos ecológicos clave como el reclutamiento de nuevas especies. Finalmente, en el capítulo IV se discuten los principales resultados a la luz de las recomendaciones de sistema de pastoreo del Manejo Holístico de Recursos®, y las contribuciones de esta tesis a la toma de decisiones de manejo de pastizales en la estepa semiárida.

## **Capítulo II: Efecto del pastoreo intensivo en distintas estaciones del año a escala de planta**

## 2.1 Introducción

La defoliación por pastoreo incide sobre las principales características estructurales de las plantas (McNaughton et al. 1983; Briske y Richards 1994; Lemaire y Chapman 1996) y los efectos dependen de la carga animal aplicada (McNaughton 1983; Holechek et al. 1989; An y Li 2014). Sin embargo, la dirección de esos efectos no es muy consistente entre distintas especies (Murphy y Briske 1992). En términos generales, la defoliación intensa disminuye el tamaño de macollos (Oesterheld y McNaughton 1988; Briske 1991; Zhang y Romo 1995), pero en especies de gramíneas adaptadas a la defoliación esa reducción puede estar acompañada por un incremento en su densidad (Grant et al. 1983; Lemaire y Chapman 1996). Debido a que el macollaje es la forma de reproducción dominante en ambientes semiáridos (Latterra et al. 1997; Oliva et al. 2005), los cambios que se produzcan sobre esa estructura serán claves para la persistencia y productividad de las plantas y, por ende, de sus poblaciones (Briske y Richards 1995).

La defoliación puede disminuir la biomasa radicular, principalmente en gramíneas. Los efectos del pastoreo sobre el crecimiento de raíces fueron escasamente estudiados (López-Mársico et al. 2015) y los resultados a nivel mundial han sido positivos, negativos o neutros (Milchunas y Lauenroth 1993; Zhang y Romo 1994; McNaughton et al. 1998; Ferraro y Oesterheld 2002; Saint Pierre et al. 2002; Zhao et al. 2005). Sin embargo, en estepas semiáridas similares a las estudiadas en esta Tesis, Oñatibia (2013) encontró que el pastoreo de mayor carga redujo la biomasa radicular de las especies preferidas y aumentó la de las especies no preferidas,

El pastoreo puede reducir la fructificación de las plantas ya sea por daño a los tejidos reproductivos o mediante la reducción en la asimilación por daño en los tejidos

vegetativos (McNaughton 1983; Bullock 1996). Sin embargo, en estepas semiáridas patagónicas esto dependió de la intensidad de la defoliación: mientras que un pastoreo de carga moderada acortó el periodo reproductivo y generó menor cantidad de panojas (Kröpfl et al. 2007), un pastoreo intensivo aumentó esa cantidad (Paruelo et al. 1992).

La estructura de las plantas es afectada por el pastoreo, tanto por cambios de tamaño como de relación vivo: muerto de sus hojas o brotes (Briske y Richards 1995; Bullock 1996; Lemaire y Chapman 1996; Oñatibia 2013). No obstante, el pastoreo intensivo puede modificar la estructura de las plantas mediante aumentos de la proporción de biomasa verde y la remoción de biomasa senescente y muerta respecto de un pastoreo continuo con menor carga (Belsky 1986; Paruelo et al. 1992). También pueden alterarse los procesos de producción y mortalidad de hojas (Bertiller y Defossé 1990; Lemaire y Chapman 1996). La posible reducción en la fructificación debida al pastoreo, explicada anteriormente, puede aumentar la longevidad y producción de los tejidos vegetativos de la planta y así aumentar la cantidad de hojas vivas y reducir la cantidad de senescentes (Bullock 1996). Particularmente en arbustos, el pastoreo aumenta la producción de brotes laterales por remover los brotes terminales y consecuentemente la dominancia apical ejercida por ellos (Holechek et al. 1989).

Si bien la herbivoría disminuye la biomasa aérea, en el corto plazo el crecimiento compensatorio puede igualar o incluso aumentar el crecimiento de las plantas defoliadas respecto de las plantas no defoliadas (McNaughton 1983; Briske y Richards 1995; Ash y McIvor 1998). El crecimiento compensatorio depende, entre otras cosas, de la intensidad de la defoliación, del tiempo de descanso postpastoreo y de la tasa de crecimiento de las plantas al ser defoliadas (Hilbert et al. 1981; Maschinski y Whitham 1989). La relación suele ser directamente proporcional entre la intensidad de defoliación y el tiempo de descanso postpastoreo necesario para reconstruir la estructura



aérea inicial, pero la tasa de crecimiento de las plantas (vinculada a la estación del año y la fenología asociada) modifica dicha relación (capítulo I). En gramíneas perennes una defoliación previa a la diferenciación del ápice de crecimiento vegetativo a reproductivo aumenta el crecimiento foliar y radicular en comparación con defoliaciones posteriores durante la estación de crecimiento o con plantas no defoliadas (Gold y Caldwell 1989a; Bertiller y Defossé 1990; Becker et al. 1997; Augustine y McNaughton 1998; Gittins et al. 2010), pero estos aumentos suelen persistir sólo unas semanas y dependen de las condiciones abióticas (Briske y Richards 1995).

La selectividad es un rasgo característico del ganado ovino cuyo hábito de pastoreo se inclina fuertemente hacia las especies de mayor contenido proteico y digestibilidad (Somlo et al. 1985; Golluscio et al. 1998). Las especies más abundantes de la comunidad vegetal estudiada se diferencian en su grado de preferencia por el ovino. Entre las gramíneas se encuentra *Poa ligularis*, de alta preferencia, y *Pappostipa speciosa*, de preferencia intermedia; entre los arbustos se encuentra *Azorella prolifera* (ex *Mulinum spinosum*), cuyos brotes e inflorescencias en verano son muy preferidos por el ovino, y *Senecio filaginoides*, considerado como especie no preferida. La recurrencia del pastoreo sobre las mismas especies o plantas reduce su capacidad competitiva en relación con los vecinos no defoliados (Busso y Richards 1995). Por lo tanto, *P. ligularis* y *A. prolifera* tienen una desventaja competitiva respecto de las demás especies de la comunidad (Golluscio et al. 1998; Oñatibia 2013).

Aunque se conocen los efectos que el pastoreo puede provocar a nivel planta, no se conoce con certeza cómo estos efectos interactúan con la carga animal y la estación del año. Conocer esa interacción permitiría seleccionar mejor el momento de pastoreo y calcular el tiempo de descanso necesario en cada época del año para optimizar la recuperación de las plantas. Esta información es necesaria en todo ambiente en el que se

pretenda aplicar un sistema de pastoreo que optimice la producción ganadera sin perjudicar el pastizal.

## 2.2 Objetivo e hipótesis

El objetivo de este capítulo es evaluar el efecto del pastoreo intensivo aplicado en distintas estaciones del año, correspondientes a fenofases contrastantes, sobre plantas individuales de dos gramíneas y dos arbustos de distinta preferencia. Se evaluaron variables de crecimiento aéreo (particularmente de macollos, hojas y brotes) y de fructificación, así como el crecimiento de raíces en una de las especies bajo estudio. También se analizó la dieta de los animales para evaluar la selectividad en el pastoreo.

En este marco se plantean las siguientes hipótesis para ser evaluadas en una estepa del Distrito Occidental Patagónico:

**Hipótesis 1:** Los efectos del pastoreo intensivo a escala de planta dependen de la estación del año en la que se lo realiza. Esto es así porque cambia el estado fenológico de la vegetación al momento de ser pastoreadas y durante el descanso postpastoreo.

Predicciones:

1.1- Los pastoreos intensivos de primavera y otoño, dos estaciones de crecimiento seguidas por estaciones de bajo crecimiento o latencia, afectarán más negativamente el crecimiento aéreo de las plantas que el pastoreo de invierno, estación de latencia seguida por una estación de alto crecimiento.

1.2- El pastoreo intensivo de primavera, que coincide con la fenofase de crecimiento reproductivo, reducirá la fructificación de gramíneas y arbustos.

1.3- El pastoreo intensivo de otoño, que coincide con la producción de raíces de gramíneas, reducirá el crecimiento radicular anual de la gramínea de mayor preferencia forrajera de la comunidad.

**Hipótesis 2:** El pastoreo intensivo reduce la selectividad del pastoreo y por lo tanto minimiza diferencias entre especies de mayor y menor preferencia.

Predicciones:

2.1- Los animales bajo pastoreo intensivo consumirán mayor proporción de las especies de menor o nula preferencia (*Pappostipa speciosa* y *Senecio filaginoides*) que los animales bajo pastoreo continuo con carga moderada.

## **2.3 Materiales y métodos**

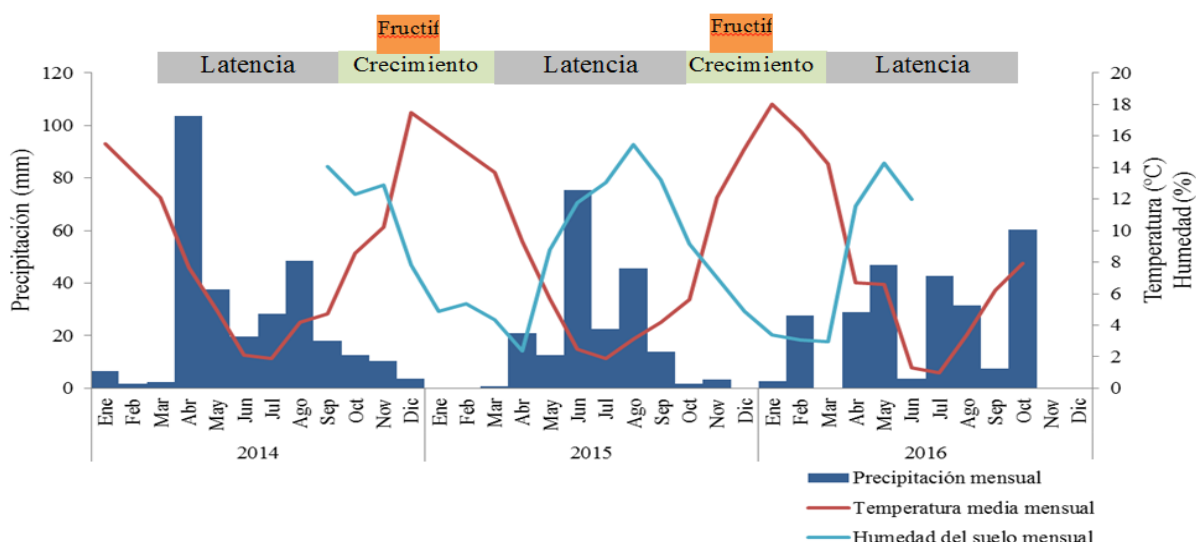
### **2.3.1 Sitio de estudio**

El estudio se realizó en el Campo Anexo Pilcaniyeu del INTA EEA Bariloche, Provincia de Río Negro (70° 31' 26'' O y 41° 02' 15'' S), a una altitud de 1070 m s.n.m. El régimen hídrico es semiárido, con inviernos fríos y húmedos y veranos templados y secos (Noy-Meir 1973; Godagnone y Bran 2009). La temperatura media anual es 7,7 °C (1,6 °C en invierno y 13,6 °C en verano). La precipitación media anual es 258 mm (período 1986-2013) concentrada un 70% en otoño e invierno (Bustos 2006 y datos de Estación Meteorológica INTA Campo Anexo Pilcaniyeu).

La vegetación corresponde al Distrito Occidental de la Provincia Fitogeográfica de Patagonia (León et al. 1998). La comunidad vegetal estudiada es una estepa graminosa subarborescente de *Poa ligularis* Nees ex Steud, *Pappostipa speciosa* (Trin. & Rupr.), *Azorella prolifera* (Cav.) G.M. Plunkett & A.N. Nicolas (ex *Mulinum spinosum*) y *Senecio filaginoides* DC.var *filaginoides*. La cobertura vegetal total es 40-50%, con 30-

35% de gramíneas y 10-15% de arbustos. El manejo durante los últimos 20 años ha sido el tradicional en la región: pastoreo continuo con una carga animal moderada de 0,3 ovejas.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>. La condición del pastizal al momento del inicio del estudio era buena: correspondía al Estado II en el modelo de estados y transiciones propuesto por Bonvissuto et al. (1993) para una estepa graminosa-subarbastiva de *Poa ligularis* y *Azorella prolifera* del área ecológica de Sierras y Mesetas occidentales en el noreste de Patagonia.

Las principales fenofases de la mayoría de las especies perennes de la comunidad coinciden en el tiempo (Soriano 1983), y las gramíneas son el grupo más homogéneo (Golluscio et al. 2005a). El crecimiento vegetativo se concentra en primavera-verano. El máximo crecimiento ocurre entre octubre y diciembre, cuando las condiciones hídricas y térmicas son más favorables, y el mínimo entre febrero y marzo, cuando la disponibilidad de agua en el suelo es muy baja. En otoño (abril-mayo) ocurre un segundo pulso de crecimiento en las gramíneas dado por el inicio de la estación húmeda. La fructificación ocurre en diciembre-enero, la diseminación de semillas en febrero, la producción de raíces en otoño, y el estado de latencia (o pseudo latencia en gramíneas, porque mantienen hojas vivas todo el año) en invierno, por las bajas temperaturas (Figura 2.1 y Tabla Apéndice.2.1).



**Figura 2.1.** Precipitación mensual, temperatura media mensual y humedad del suelo mensual en el período 2014-2016 en el sitio de estudio, y principales fenofases de la comunidad vegetal en general: latencia, crecimiento vegetativo y fructificación. Elaboración propia a partir de datos de precipitación y temperatura de la Estación Meteorológica INTA Campo Anexo Pilcaniyeu y datos de humedad de suelo en interparche y fenofase medidos durante el estudio.

### 2.3.2 Tratamientos de pastoreo

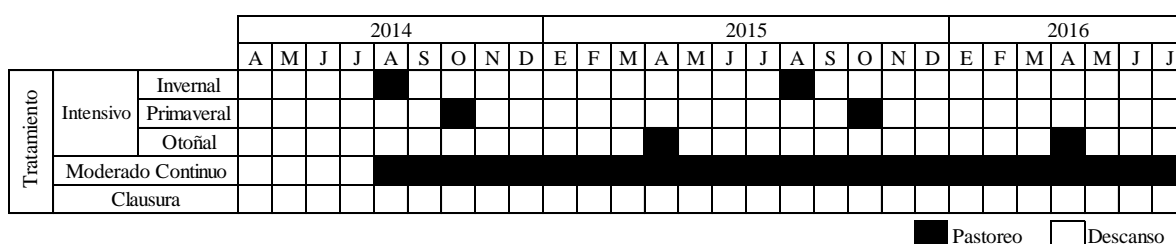
Se aplicaron cinco tratamientos de pastoreo; tres de ellos fueron centrales al objetivo del estudio ya que eran de alta carga y variaron en la estación del año en que se realizaron. Los otros dos sirvieron como referencia a los anteriores: clausura al pastoreo y pastoreo continuo con carga moderada. A continuación se brindan detalles:

- Tratamiento de **pastoreo intensivo** de alta carga animal instantánea y corta duración, una vez por año, en tres estaciones del año correspondientes a distintas fenofases de la vegetación:
  - Tratamiento **Invernal**: el pastoreo tuvo lugar en fenofase de latencia, y el descanso inmediato al pastoreo coincidió con el máximo crecimiento vegetativo y reproductivo de la vegetación.
  - Tratamiento **Primaveral**: el pastoreo tuvo lugar durante el período de máximo crecimiento vegetativo y reproductivo de la vegetación, y el descanso inmediato

al pastoreo coincidió con la fenofase de fructificación, diseminación y mínimo crecimiento vegetativo estival.

- Tratamiento **Otoñal**: el pastoreo tuvo lugar durante el segundo pulso de crecimiento vegetativo de gramíneas, y el descanso inmediato al pastoreo coincidió con la fenofase de latencia invernal.
- Tratamiento **Moderado Continuo**: pastoreo continuo con carga moderada durante todo el año.
- Tratamiento **Clausura**: exclusión al pastoreo.

Todos los tratamientos se aplicaron entre agosto 2014 y abril 2016, por lo que los pastoreos intensivos ocurrieron dos veces cada uno (Figura 2.2).



**Figura 2.2.** Cronograma de pastoreos y descansos para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Casillas negras: pastoreo; casillas blancas: descanso.

Para los pastoreos se utilizaron ovejas madres raza Merino de 45 kg de peso vivo promedio. La carga animal instantánea fue de 20 EO.ha<sup>-1</sup> <sup>2</sup> en los pastoreos intensivos y de 0,3 EO.ha<sup>-1</sup> en el pastoreo moderado continuo. La duración de cada pastoreo intensivo fue determinada con el criterio de alcanzar un grado de uso intenso de *Poa ligularis*, la gramínea más abundante y más preferida de la comunidad por los ovinos, y un grado moderado de *Pappostipa speciosa*, una gramínea abundante de preferencia

<sup>2</sup> Equivalente Oveja (EO): Corresponde a los requerimientos de una oveja de 40 kg de peso vivo al servicio, que cría y desteta, a los 100 días desde el parto, un cordero de 20 kg de peso vivo por año. Se supone un requerimiento de 468 kg MS/año, incluyendo el consumo de forraje del cordero antes del destete (Girardin et al. 2011).

intermedia (Bonvissuto et al. 1983). Para evaluar el grado de uso se estimó la remoción de biomasa de 100 plantas por potrero de cada especie a lo largo de una transecta y los resultados fueron llevados a una escala de: 1 = Sin uso, 2 = Uso escaso, 3 = Uso moderado, 4 = Uso Intenso y 5 = Uso Severo (Siffredi 2012). A raíz del criterio implementado, y tal como se observa en la Tabla 2.1, la duración del pastoreo varió entre años y entre tratamientos, y con él varió la carga anual aplicada. Sin embargo, la gran diferencia existente entre el pastoreo continuo de carga moderada y los tres pastoreos intensivos nos permite asumir que la presión de pastoreo ejercida por los tratamientos de pastoreo intensivo es comparable entre sí.

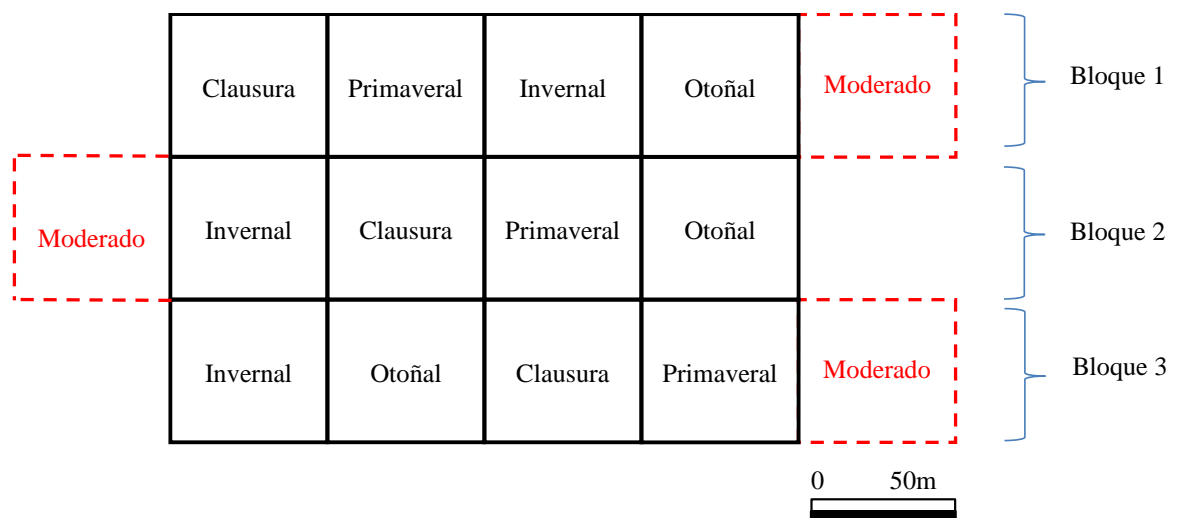
**Tabla 2.1** Características de los tratamientos de pastoreo aplicados: fechas y duración del pastoreo, carga anual y grado de uso final por especie.

Tratamiento	Fecha de pastoreo		Duración del pastoreo (días)	Carga anual (EO.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup> )	Grado de uso final (1 a 5)	
	Inicio	Fin			<i>Poa ligularis</i>	<i>Pappostipa sp.</i>
Año 1	Invernal	5 agosto	22 agosto	17	0,9	3,8
	Primaveral	7 octubre	11 noviembre	35	1,9	4,7
	Otoñal	7 abril	20 mayo	43	2,4	4,3
	Moderado	-	-	365	0,3	1
	Clausura	-	-	0	0	1
Año 2	Invernal	28 julio	1 septiembre	35	1,9	4,1
	Primaveral	15 octubre	4 noviembre	20	1,1	4,5
	Otoñal	5 abril	5 mayo	31	1,7	4,1
	Moderado	-	-	365	0,3	1
	Clausura	-	-	0	0	1

### 2.3.3 Diseño experimental

Se empleó un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA) con bloques aleatorios para reducir el efecto de una pendiente menor al 3%, con el factor *Tratamiento* con cinco modalidades de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e

Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. Para todos los tratamientos la unidad experimental fue el potrero (tres repeticiones por tratamiento) (Figura 2.3). Los potreros eran de 0,25 ha (50 x 50m), contaban con agua para bebida permanente durante el pastoreo y estaban delimitados por alambrado, a excepción del tratamiento Moderado Continuo. En este tratamiento las tres repeticiones se ubicaron en áreas de 0,25 ha sin alambra dentro del cuadro de 1070 ha en donde se instaló el experimento y cuya agua de bebida se encontraba a 2500 m. Esto se debió a la imposibilidad de mantener un pastoreo continuo en una superficie reducida durante el periodo estudiado; no obstante, la implementación del tratamiento continuo moderado está debidamente certificada por estudios previos realizados en el mismo sitio (López 2011). Cuatro meses previos al inicio de las mediciones, se excluyeron los animales para que las plantas iniciaran el estudio sin evidencias de defoliación reciente.



**Figura 2.3.** Esquema del diseño experimental de Bloques Completos Aleatorizados con la distribución de los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. Los cuadrados de línea sólida negra son los potreros de 0,25 ha; las líneas punteadas rojas representan el área de muestreo del tratamiento Moderado Continuo.



### 2.3.4 Especies bajo estudio

Las especies estudiadas fueron dos gramíneas y dos arbustos dominantes de la comunidad. Estas especies coinciden en fenología, pero difieren en preferencia por parte del ovino y, por ende, en su importancia forrajera:

- ***Poa ligularis* Nees ex Steud** (coirón poa): es una gramínea perenne, autóctona, cespitosa erecta que forma matas pequeñas (coirones) de 15-45 cm de altura. Es de reproducción sexual y agámica mediante la producción de macollos. Es de ciclo Otoño-Inverno-Primaveral, con mayor crecimiento en primavera, intermedio a inicios del otoño y mínimo en invierno; mantiene hojas en crecimiento todo el año (Soriano y Sala 1983). Florece y fructifica a fin de primavera y dispersa semillas en verano. Su importancia forrajera en la comunidad estudiada es alta: es de buena preferencia para el ovino ya que tiene altos valores nutritivos: 5,1% de proteína bruta, 62,5% de Materia Seca Digestible en hojas verdes durante la estación de crecimiento (Somlo et al. 1985) y bajo contenido de lignina (Semmartin et al. 2004).

- ***Pappostipa speciosa* (Trin. & Rupr.)** (ex *Stipa speciosa* var *speciosa*; coirón duro): es una gramínea perenne, autóctona, cespitosa, erecta que forma matas pequeñas de 30-60 cm de altura. Es de reproducción sexual y agámica mediante la producción de macollos. Es de ciclo Otoño-Invierno-Primaveral, con mayor crecimiento en primavera, intermedio a inicios del otoño y mínimo en invierno; mantiene hojas en crecimiento todo el año (Soriano y Sala 1983). Florece a fin de primavera y dispersa semillas en verano, en función de la disponibilidad de agua (Soriano 1983). Es de preferencia intermedia para el ovino: posee un alto contenido de fibra, bajo contenido de proteína bruta y alto contenido de lignina (8,6%) (Somlo et al. 1985; Semmartin et al. 2004).

- ***Azorella prolifera* (Cav.) Pers.** (neneo): es un arbusto deciduo que forma matas espinosas con forma de cojín de hasta 1,2 m de altura. Tiene crecimiento vegetativo

entre octubre y diciembre, florece y fructifica entre diciembre y febrero y disemina sus frutos entre enero y marzo. Su importancia forrajera en invierno es baja debido a sus espinas y a que no tiene brotes verdes, pero en primavera y verano es intermedia ya que son consumidos sus brotes y principalmente sus inflorescencias, de alto valor nutritivo. En ese momento del año, las inflorescencias tienen 10% de proteína bruta y 64% de Materia Seca Digestible, y los brotes en estado vegetativo tienen 13,5% de proteína bruta y 66% de Materia Seca Digestible (Somlo et al. 1985).

- ***Senecio filaginoides* DC. var *filaginoides*** (charcao gris): es un arbusto perenne de 0,5-1 m de altura. Tiene crecimiento vegetativo entre septiembre y diciembre, florece entre diciembre y febrero y disemina sus frutos entre enero y marzo. De las cuatro especies bajo estudio, es la de menor preferencia para el ovino ya que contiene altos valores de metabolitos secundarios en sus hojas (Cavagnaro et al. 2003).

### 2.3.5 Variables de respuesta

#### Crecimiento aéreo

Para evaluar el efecto de los tratamientos de pastoreo sobre el crecimiento aéreo se monitorearon macollos de gramíneas y brotes de arbustos de las cuatro especies bajo estudio. En cada potrero se seleccionaron cuatro plantas adultas de tamaño promedio de cada especie (diámetro medio de 25 cm en *Poa ligularis*, 18 cm en *Pappostipa speciosa* y 60 cm en *Azorella prolifera* y *Senecio filaginoides*). En cada gramínea se marcaron con alambre de color cuatro macollos periféricos con 3-4 hojas y sin macollos juveniles visibles (Hill y Watkin 1975), sobre los que se midió repetidamente el número de hojas verdes (vivas), amarillas (senescentes) y grises (muertas en pie), la longitud de la hoja viva o senescente más larga y el número de macollos. En cada arbusto se marcaron con elástico de color cuatro brotes principales (sin brotes laterales en el caso de *S*

*filaginoides*) distribuidos en los cuadrantes de la superficie aérea de cada planta. Sobre estos brotes se midió repetidamente la longitud del brote principal y la cantidad y longitud de los brotes laterales. Las mediciones se realizaron aproximadamente cada dos meses, entre junio 2014 y mayo 2016 en las gramíneas y entre noviembre 2014 y mayo 2016 en los arbustos; la producción de macollos, dado que ocurre concentradamente en otoño, se midió en mayo 2015 y mayo 2016. En todas las plantas monitoreadas se midió el diámetro basal promedio al inicio y al final del estudio para evaluar cambios en el tamaño de la planta. Para evaluar el efecto del tratamiento sobre la mortalidad de macollos y brotes, en cada medición bimensual se contabilizaron los macollos y brotes muertos, que luego eran reemplazados por otros de iguales condiciones que al inicio del estudio para mantener constante el tamaño muestral.

### Fructificación

Sobre transectas diagonales en cada potrero, se seleccionaron al azar 20 plantas por especie de *P. ligularis* y *P. speciosa*, y 10 plantas por especie de *M. prolifera* y *S. filaginoides*, distintas a las utilizadas para medir crecimiento aéreo. En las gramíneas seleccionadas se contó el número de panojas y se midió la altura promedio de las panojas por planta (20 plantas/especie). En los arbustos se contó el número de flores presentes en dos marcos de 0,2 x 0,2 m ubicados en la superficie aérea de cada planta seleccionada (10 plantas/especie). Para estimar el peso de panojas, en cada potrero se cosecharon al azar 50 panojas de cada especie de gramíneas (2 panojas/planta x 25 plantas/especie). Las mediciones se realizaron en enero de 2015 y enero de 2016, antes del inicio de la diseminación de semillas.

### Crecimiento de raíces de *Poa ligularis*

El crecimiento anual de raíces se determinó según el método “in-growth core method” que consiste en enterrar cilindros de malla cribada rellenos de suelo libre de raíces y cosecharlos luego para cuantificar las raíces que crecieron en ellos (Rydin y Jeglum 2006; Gao et al. 2008; López-Mársico et al. 2016). Debido a los tiempos de instalación y de procesamiento necesarios, esta variable sólo se midió en *P. ligularis*. En cada potrero se seleccionaron cinco plantas de *P. ligularis* separadas de otras especies al menos 50 cm, por lo que se supone que todas las raíces cosechadas fueron de *P. ligularis*. Las plantas utilizadas fueron distintas cada año. En septiembre 2014 y septiembre 2015 se instaló un cilindro al borde de cada planta, los cuales se retiraron luego de un año. Los cilindros eran de malla plástica cribada de 2 mm y de 5 cm de diámetro. Se enterraron en el borde de las plantas en pozos hechos con barreno a una profundidad de 25 cm porque allí se concentra la mayor biomasa de raíces de esta especie (Soriano y Sala 1983; Soriano et al. 1987); se rellenaron con suelo colectado y tamizado en el mismo sitio y se humedecieron con 100 ml de agua en el momento de la instalación para evitar que queden espacios con aire. Luego de retirados los cilindros, las raíces fueron separadas del suelo mediante agua y tamiz de 2 mm, lavadas y secadas a 60 °C hasta peso constante y pesadas en laboratorio.

### Selectividad: dieta y grado de uso

En cada potrero, al final de cada tratamiento de pastoreo intensivo se tomó una muestra de heces frescas de oveja (40 bñigas por muestra) en los potreros con pastoreo intensivo y pastoreo continuo con carga moderada. Para determinar la presencia de especies vegetales en la dieta de las ovejas en pastoreo, las muestras fueron analizadas mediante la técnica microhistológica de heces (Sparks y Malechek 1968; Williams

1969; Latour y Pelliza Sbriller 1981) en el laboratorio de microhistología del INTA EEA Bariloche. Respecto de la medición del grado de uso, la metodología utilizada es explicada en la sección Tratamientos de pastoreo del capítulo I.

### **2.3.6 Análisis de datos**

El modelo estadístico correspondiente al DBCA descripto se ajustó para cada especie por separado. Para las variables longitud y cantidad de hojas y brotes se realizaron Análisis de la Variancia (ANOVA) con medidas repetidas en el tiempo entre los cinco tratamientos. Dado que en cada potrero se tomó más de una medición, y que este submuestreo fue balanceado, se analizó el promedio por potrero para simplificar el ajuste del modelo estadístico. Las variables diámetro basal, producción de macollos, crecimiento de raíces, cantidad de flores de arbustos y cantidad, altura y peso de panojas de gramíneas se midieron en dos momentos a lo largo del estudio, los cuales se analizaron por separado en el ANOVA. El análisis del diámetro basal incluyó el diámetro inicial como covariable. Las variables cantidad de macollos, de panojas y de flores se analizaron mediante un modelo lineal generalizado por tener una distribución Poisson. Para las variables de dieta, grado de uso y mortalidad de macollos y brotes se realizó un análisis descriptivo.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software Infostat (Di Rienzo et al. 2016). El nivel de significación considerado fue de  $\alpha = 0,05$  y en caso de encontrarse diferencias significativas entre tratamientos se aplicó el test de comparaciones múltiples de Bonferroni. Se corroboraron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas en los casos que correspondiera.

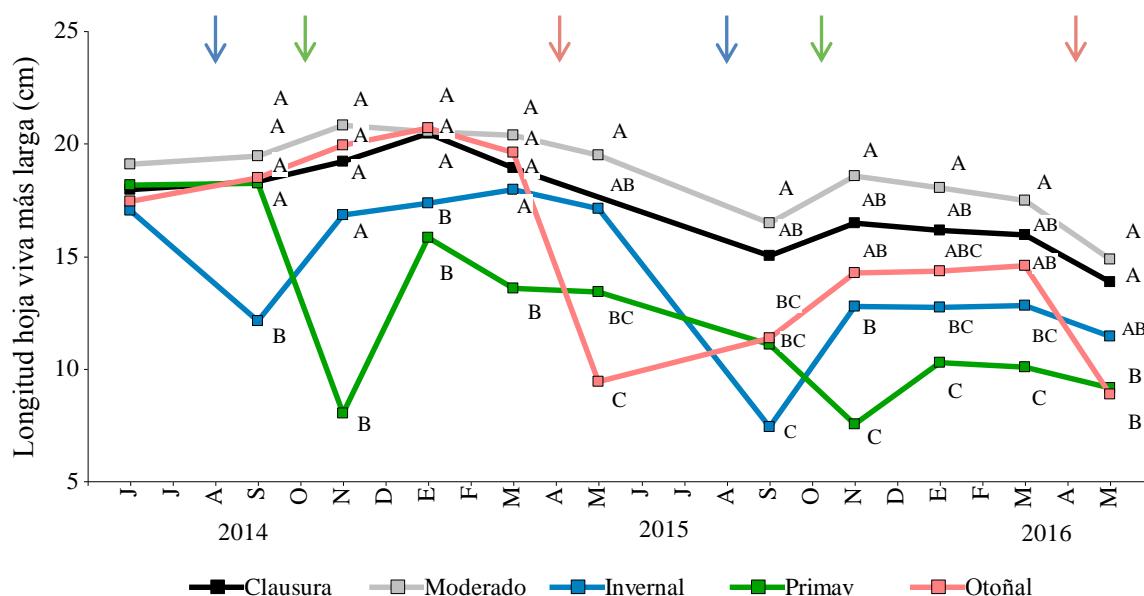
## 2.4 Resultados

### 2.4.1 *Poa ligularis*

Los tratamientos de pastoreo continuo con carga moderada y la clausura al pastoreo no difirieron en ninguna variable medida en *Poa ligularis*, en ningún momento. Por lo tanto, cuando a continuación se describen los cambios generados por el pastoreo intensivo se los refiere al comportamiento promedio de ambos tratamientos de referencia, salvo que se explicita algo distinto.

#### Crecimiento aéreo

Los pastoreos intensivos redujeron la longitud de hoja viva de *P. ligularis* un 44%, medido inmediatamente después del pastoreo y respecto de sí mismos antes del pastoreo, en promedio ambos años. Sin embargo, la recuperación dependió de la estación del año: tras los pastoreos intensivos de invierno y otoño la longitud se recuperó (ausencia de diferencia significativa con clausura y pastoreo continuo con carga moderada) en dos a seis meses, mientras que bajo pastoreo intensivo de primavera no se observó recuperación completa hasta el final del muestreo (Figura 2.4). Al final del estudio, en mayo 2016, la longitud de hoja viva bajo los pastoreos intensivos de primavera y otoño fue 37% y 29% más corta, respectivamente, que bajo el pastoreo continuo con carga moderada y la clausura. A la hora de hacer inferencias o comparaciones entre tratamientos se debe tener en cuenta que el segundo pastoreo de otoño fue aplicado sólo un mes antes de la última medición, por lo que no tuvo tiempo de recuperación.



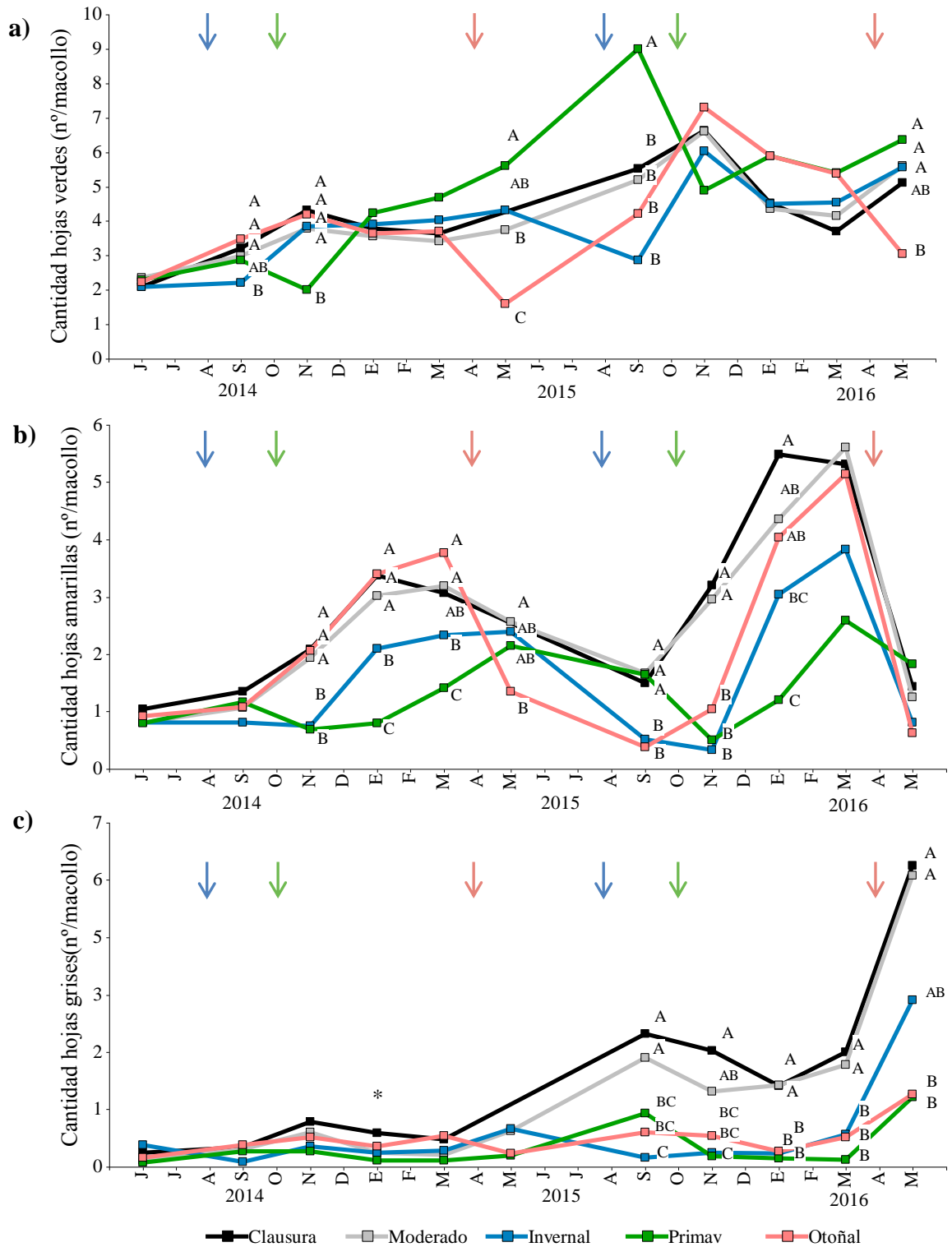
**Figura 2.4.** Longitud promedio de la hoja viva más larga de cada macollo de *Poa ligularis* entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Las flechas indican el momento de pastoreo de cada tratamiento (azul: Invernal; verde: Primavera; rojo: Otoñal). Sin datos para tratamiento Clausura en mayo 2015.

Los pastoreos intensivos de invierno, primavera y otoño redujeron 14%, 38% y 50% respectivamente la cantidad de hojas verdes por macollo de *P. ligularis* inmediatamente postpastoreo respecto de sí mismos antes del pastoreo, pero en los dos a cuatro meses siguientes las plantas recuperaron valores similares al pastoreo continuo con carga moderada y a la clausura (Figura 2.5a). A principios de la segunda temporada de crecimiento (septiembre 2015) los potreros bajo pastoreo intensivo de primavera tenían 73% más hojas verdes por macollo, pero luego del segundo pastoreo esta diferencia desapareció. Al final de cada estación de crecimiento (marzo 2015 y marzo 2016) no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Los pastoreos intensivos redujeron la cantidad de hojas amarillas por macollo de *P. ligularis* un 36% (2014) y 20% (2015) en el momento de máximo crecimiento vegetativo (noviembre), sin diferencias entre tratamientos al final del muestreo (Figura 2.5b).

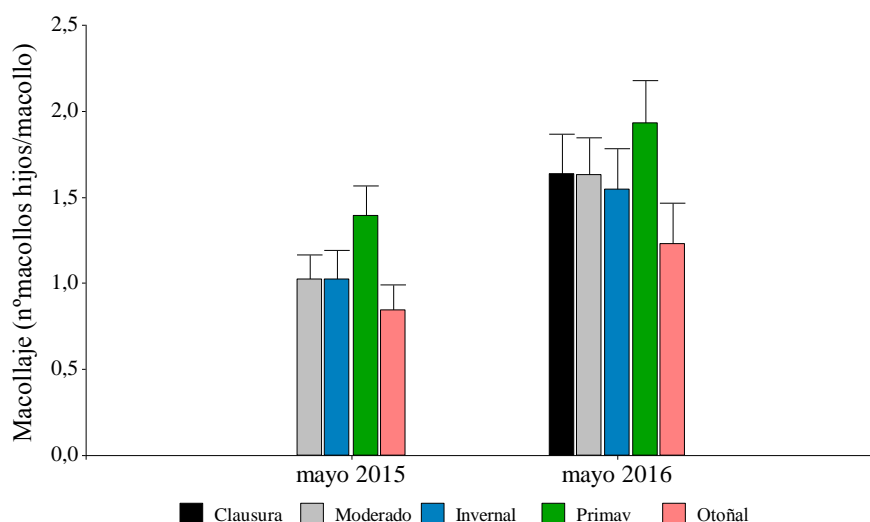
Los pastoreos intensivos redujeron el número de hojas grises por macollo de *P. ligularis* a partir de la segunda estación de crecimiento (Fig 2.5c). Al final del muestreo los potreros bajo pastoreo intensivo de primavera y otoño tenían 75% menos hojas grises que los potreros bajo pastoreo continuo con carga moderada y clausura, que aumentaron de 0,4 a 6 hojas grises entre el primer y el segundo año.





**Figura 2.5.** Cantidad promedio de hojas por macollo verdes (a), amarillas (b) y grises (c) de *Poa ligularis* entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas y asteriscos indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Las flechas indican el momento de pastoreo de cada tratamiento (azul: Invernal; verde: Primavera; rojo: Otoñal). Sin datos para tratamiento Clausura en mayo 2015.

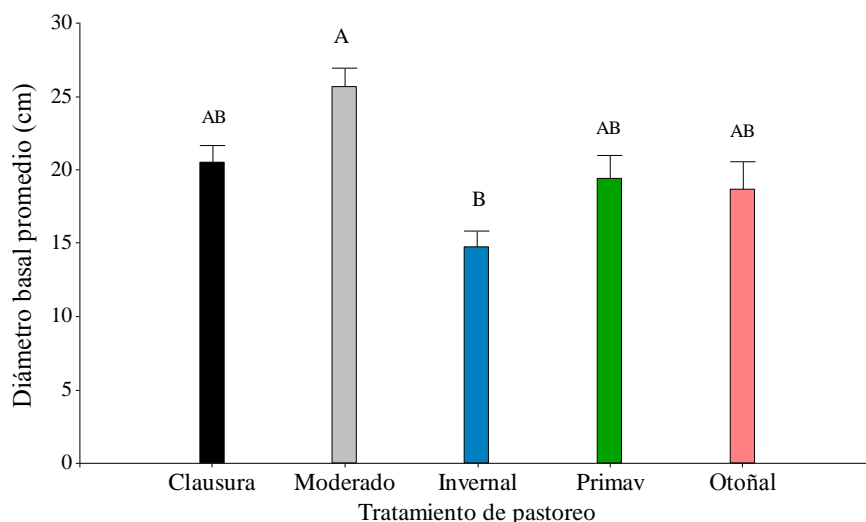
La producción de macollos de *P. ligularis* no fue afectada significativamente por los tratamientos (Figura 2.6). En promedio, cada macollo dio lugar a un nuevo macollo el primer año y a 0,6 macollos el segundo.



**Figura 2.6.** Cantidad de macollos hijos por macollo madre de *Poa ligularis* en mayo 2015 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Sin datos para tratamiento Clausura en mayo 2015.

La mortalidad de macollos (%) de *P. ligularis* promedio en todo el período muestreado fue de  $6 \pm 1,4$ ,  $7,2 \pm 1,8$  y  $8,3 \pm 1,9$  bajo los pastoreos intensivos de invierno, primavera y otoño, respectivamente, mientras que bajo el pastoreo continuo con carga moderada y la clausura fue de  $5 \pm 1$  (media  $\pm$  error estándar).

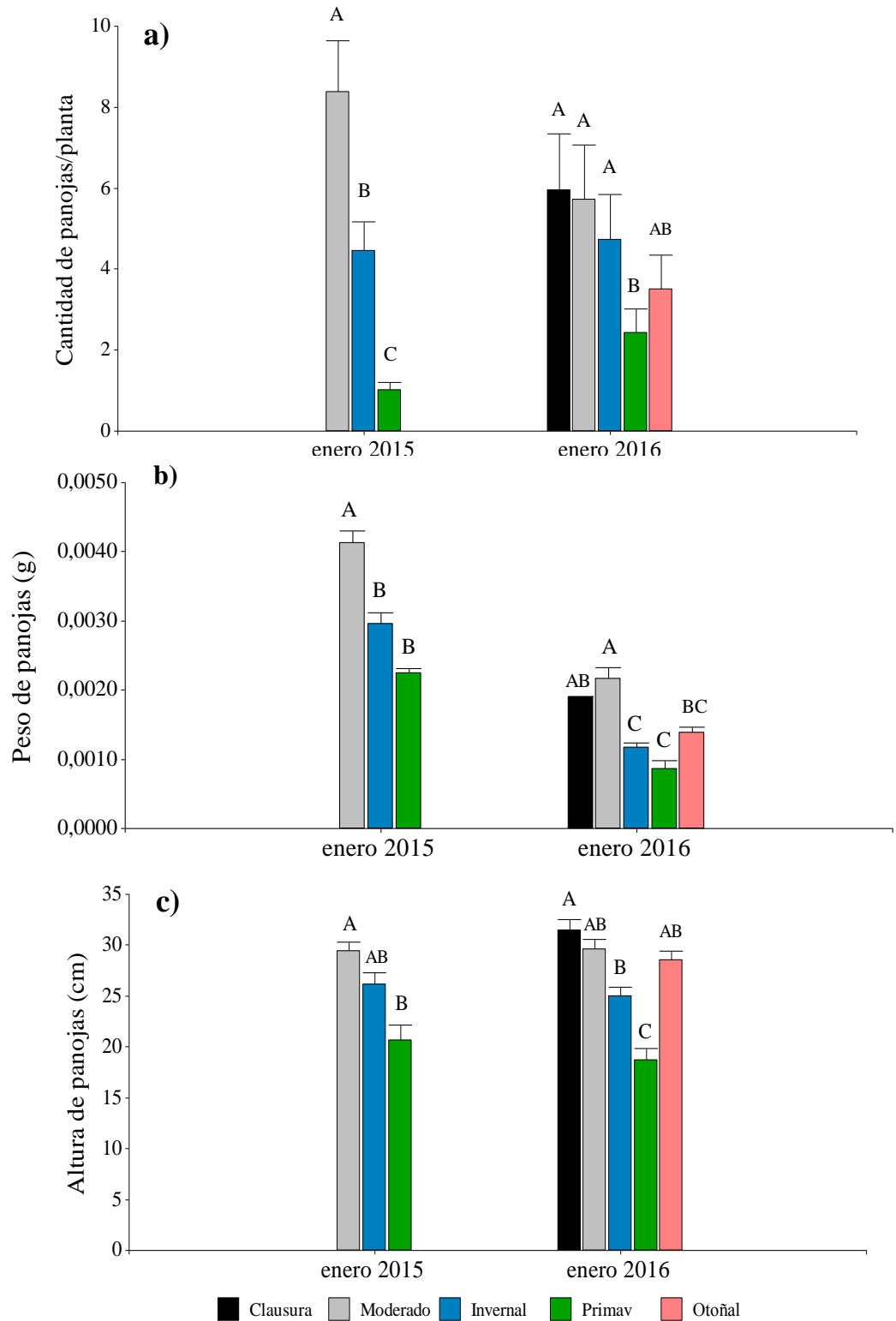
El diámetro basal de *P. ligularis* fue reducido en 6 cm por el pastoreo intensivo de invierno respecto del pastoreo continuo con carga moderada, mientras que los otros tratamientos mostraron diámetros intermedios (Figura 2.7). En el análisis se utilizó el diámetro inicial (previo a los tratamientos) como covariable (Tabla Apéndice.2.1).



**Figura 2.7.** Diámetro basal promedio de *Poa ligularis* para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal, en septiembre 2016. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.

### Fructificación

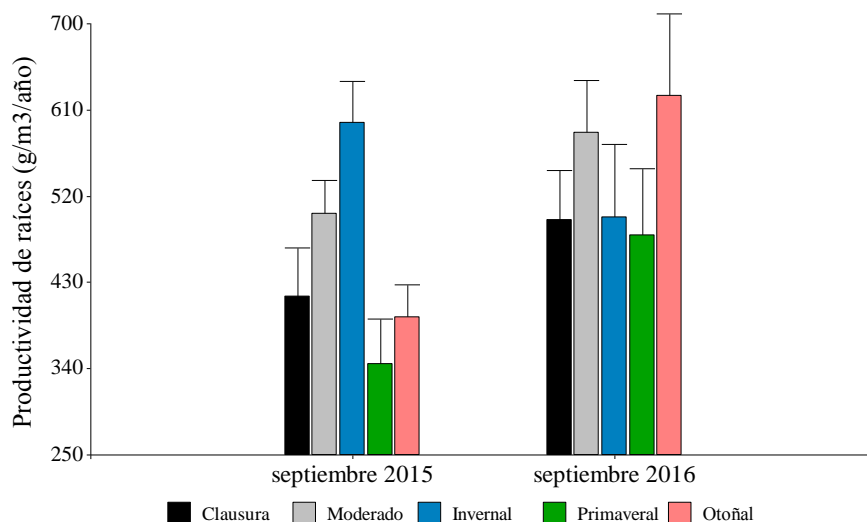
La cantidad de panojas por planta de *P. ligularis* fue reducida marcadamente por los pastoreos intensivos en 2015 (47% bajo pastoreo de invierno y 88% bajo pastoreo de primavera) (Figura 2.8a). En 2016 el pastoreo intensivo de primavera redujo 58% el número de panojas. El peso de panojas también fue reducido por los pastoreos intensivos de invierno y primavera, 38% en 2015 y 50% en 2016, respectivamente, mientras que el pastoreo intensivo de otoño tuvo valores intermedios (Figura 2.8b). La altura de panojas se redujo 35% bajo pastoreo intensivo de primavera en promedio ambos años y 20% bajo pastoreo intensivo de invierno en 2016 (Figura 2.8c).



**Figura 2.8.** Cantidad (a), peso (b) y altura (c) de panojas de *Poa ligularis* en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Sin datos para tratamiento Clausura en enero 2015.

### Crecimiento de raíces

El crecimiento anual de raíces de *P. ligularis* no fue afectada significativamente por los tratamientos, y fue de 494,2 g/m<sup>3</sup>/año promedio (Figura 2.9).



**Figura 2.9.** Crecimiento anual de raíces de *Poa ligularis* en septiembre 2015 y septiembre 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha.

En síntesis, el pastoreo intensivo modificó el crecimiento aéreo y fructificación de *P. ligularis* con diferencias entre los tratamientos aplicados en distinta estación del año. Los pastoreos intensivos utilizaron más biomasa forrajera (disminución de la cantidad y longitud de hojas verdes y amarillas postpastoreo) que el pastoreo continuo de carga moderada, y la recuperación de esta biomasa sólo ocurrió en los potreros pastoreados en invierno y otoño. El pastoreo intensivo de primavera tuvo efectos contrapuestos sobre la biomasa forrajera ya que no permitió la recuperación de la longitud de hojas pero aumentó la cantidad de hojas verdes por macollo en un período del muestreo. Todos los pastoreos intensivos disminuyeron las hojas grises por macollo, pero no modificaron el macollaje, el crecimiento de raíces ni el diámetro de planta (salvo excepciones). La fructificación fue reducida fuertemente por los tratamientos de pastoreo intensivo y el efecto fue mayor cuanto más cerca de la fenofase de

fructificación se aplicó el pastoreo: el pastoreo intensivo de primavera tuvo mayor efecto que el de invierno, y éste que el de otoño.

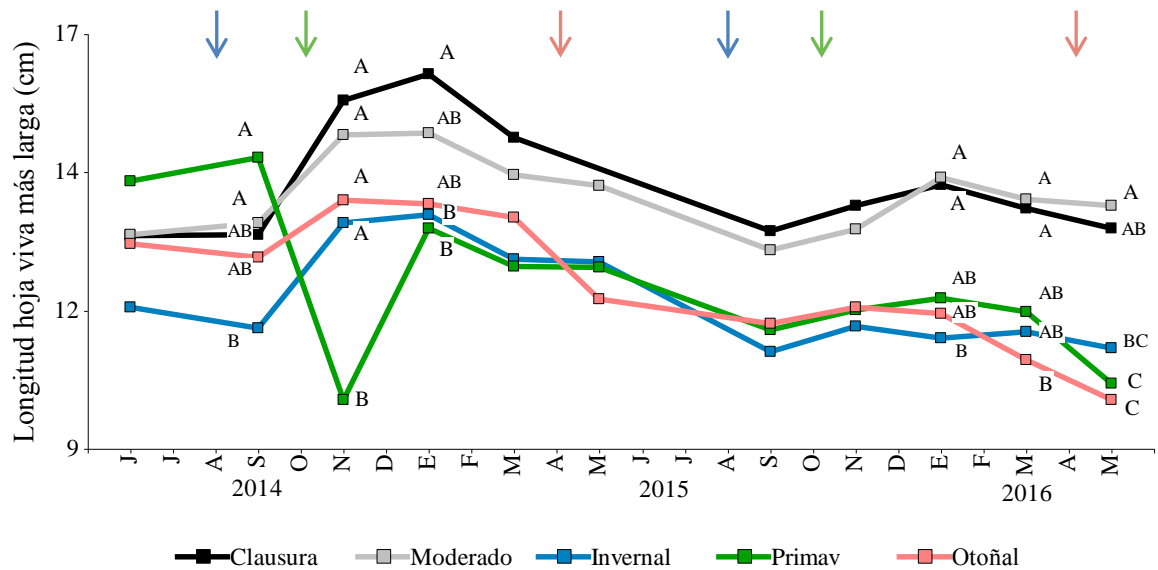
#### **2.4.2 *Pappostipa speciosa***

El pastoreo continuo con carga moderada y la clausura al pastoreo no difirieron en ninguna variable medida en *Pappostipa speciosa*, con la única excepción de la cantidad de hojas grises por macollo que se encuentra descripta en esta sección. Debido a la falta de diferencias entre estos tratamientos de referencia es que a continuación se utiliza su comportamiento promedio para referir los cambios generados por el pastoreo intensivo, salvo que se explicita algo distinto.

##### Crecimiento aéreo

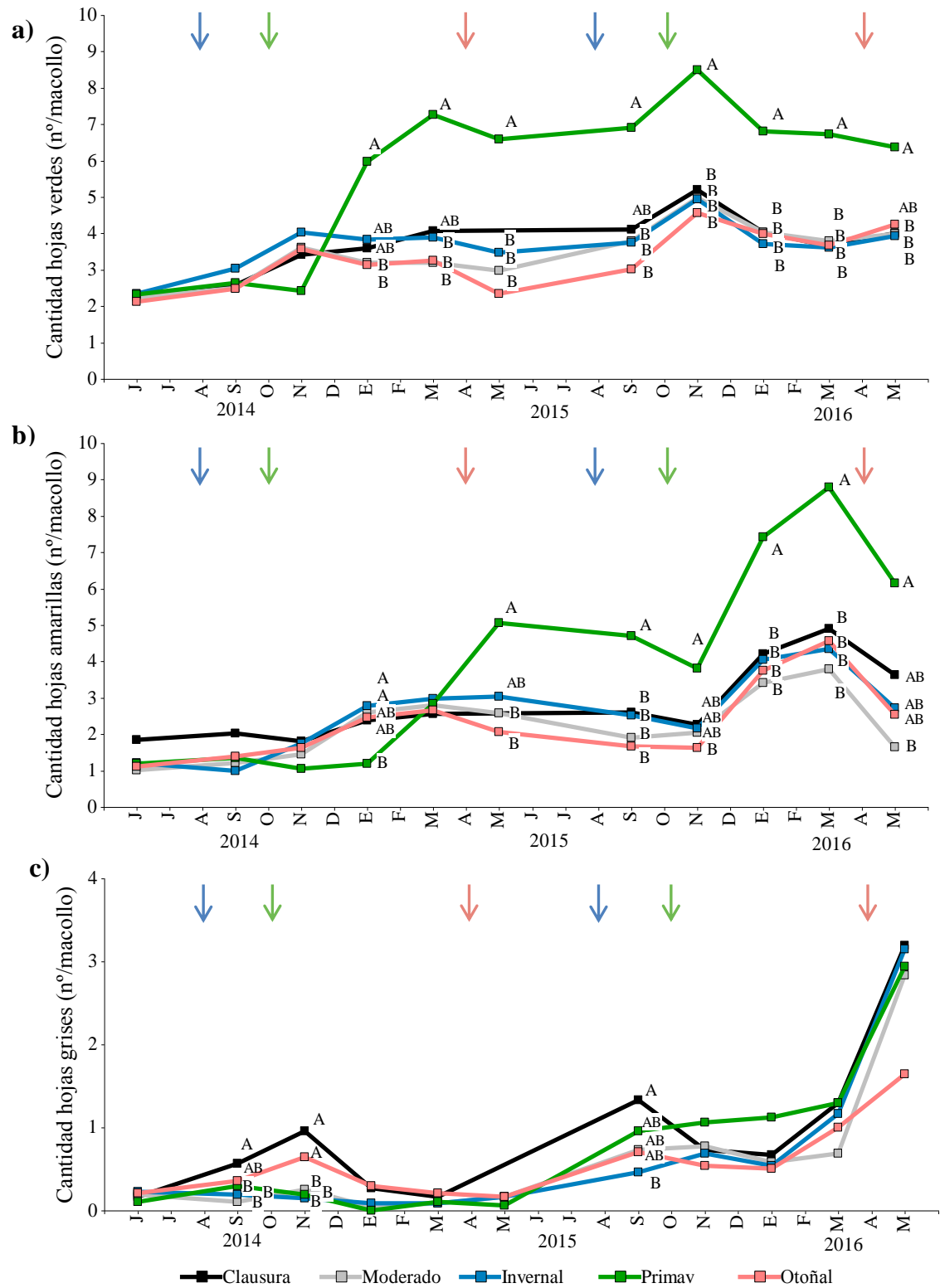
Los pastoreos intensivos redujeron la longitud de hoja viva de *P. speciosa* en menor magnitud que en *P. ligularis*, y la recuperación después del primer pastoreo fue más rápida (dos meses) (Figura 2.10). El segundo pastoreo no redujo abruptamente la longitud de hoja viva, pero los potreros bajo pastoreo intensivo de primavera y otoño terminaron el periodo de medición con hojas 27% más cortas, efecto similar al observado en *P. ligularis*. A la hora de hacer inferencias o comparaciones entre tratamientos se debe tener en cuenta que el segundo pastoreo de otoño fue aplicado sólo un mes antes de la última medición, por lo que no tuvo tiempo de recuperación.

Los pastoreos intensivos, a diferencia de lo observado en *P. ligularis*, no redujeron la cantidad de hojas verdes por macollo de *P. speciosa* inmediatamente después de cada pastoreo (Figura 2.11a). El pastoreo intensivo de primavera casi duplicó las hojas verdes el primer año, y ese aumento no fue reducido por el segundo pastoreo como ocurrió en *P. ligularis*, ya que mantuvo una diferencia promedio de 3 hojas más hasta el final de las mediciones.



**Figura 2.10.** Longitud promedio de la hoja viva más larga de cada macollo de *Pappostipa speciosa* entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Las flechas indican el momento de pastoreo de cada tratamiento (azul: Invernal; verde: Primavera; rojo: Otoñal). Sin datos para tratamiento Clausura en mayo 2015.

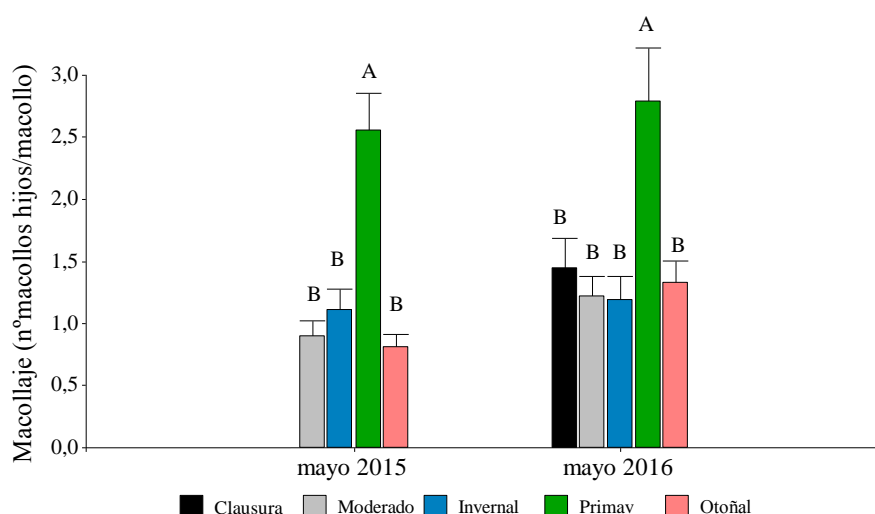
A diferencia de *P. ligularis* en la cual la cantidad de hojas amarillas por macollo se redujo, en *P. speciosa* el pastoreo intensivo de primavera la duplicó desde el primer otoño y hasta el final de las mediciones (Figura 2.11b). La cantidad de hojas grises de *P. speciosa* fue la única variable en esta especie en la que se observaron diferencias entre los tratamientos de referencia: los potreros bajo tratamiento clausura tuvieron más hojas grises por macollo que los potreros bajo pastoreo continuo con carga moderada a inicios de la primavera (septiembre) en ambos años. (Figura 2.11c). También en ambas primaveras, los potreros en clausura tuvieron más hojas grises que los potreros bajo pastoreo intensivo (primer año) y que los potreros bajo pastoreo intensivo de invierno (segundo año), aunque las diferencias fueron siempre de menos de una hoja gris por macollo.



**Figura 2.11.** Cantidad promedio de hojas por macollo verdes (a), amarillas (b) y grises (c) de *Pappostipa speciosa* entre junio 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Las flechas indican el momento de pastoreo de cada tratamiento (azul: Invernal; verde: Primavera; rojo: Otoñal). Sin datos para tratamiento Clausura en mayo 2015.



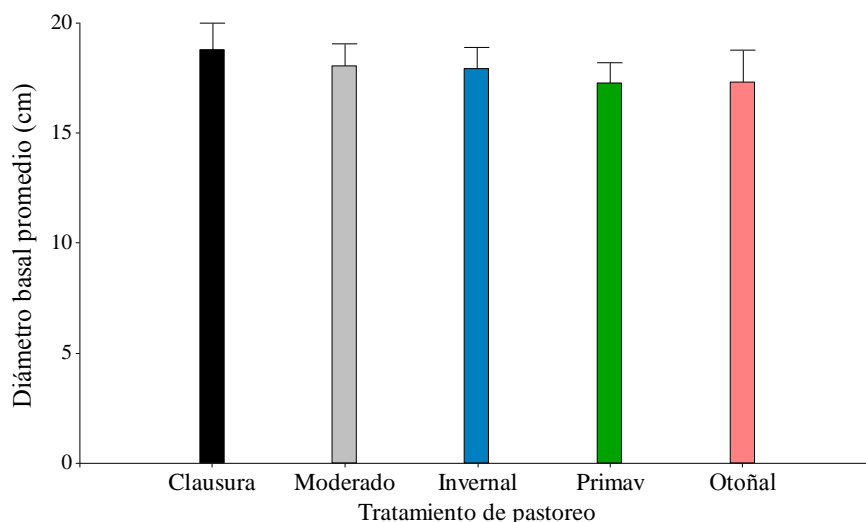
A diferencia de *P. ligularis* en la cual no hubo efecto de los tratamientos sobre la producción de macollos, en *P. speciosa* el primer pastoreo intensivo de primavera aumentó notablemente el número de macollos hijos, ya que las plantas produjeron 1,6 macollos más que bajo los otros tratamientos (Figura 2.12). En los otros tratamientos cada macollo de *P. speciosa* dio lugar a un nuevo macollo el primer año y a 0,4 macollos el segundo.



**Figura 2.12.** Cantidad de macollos hijos por macollo de *Pappostipa speciosa* en mayo 2015 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Sin datos para tratamiento Clausura en enero 2015.

La mortalidad (%) promedio de macollos de *P. speciosa* fue de  $3,8 \pm 0,5$  en los potreros con pastoreo intensivo y  $5,9 \pm 0,9$  en los potreros bajo pastoreo continuo con carga moderada y clausura (media  $\pm$  error estándar), valores similares a los observados en *P. ligularis*.

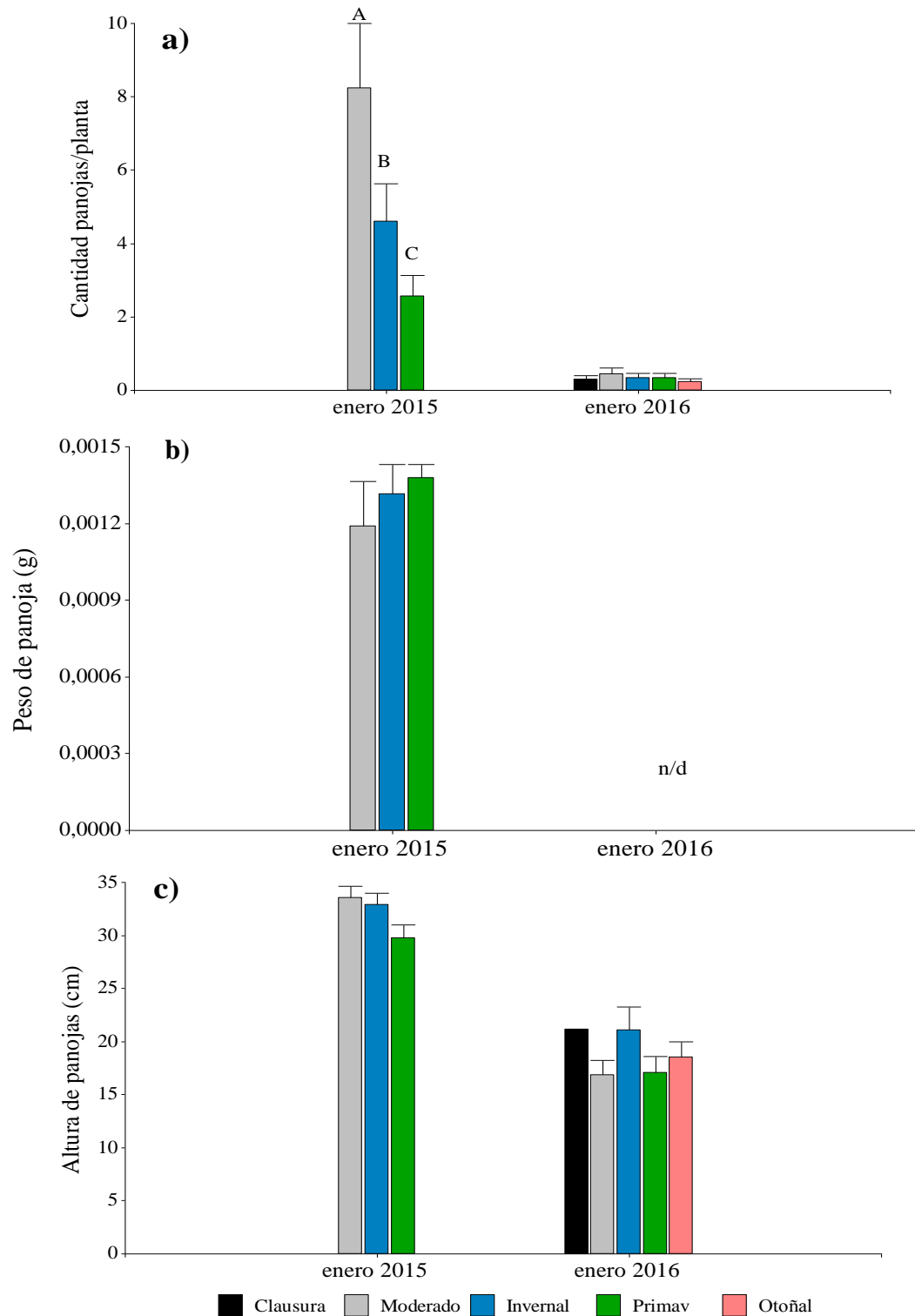
El diámetro basal promedio de plantas de *P. speciosa* no fue afectado significativamente por los tratamientos (Figura 2.13).



**Figura 2.13.** Diámetro basal promedio de *Pappostipa speciosa* para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal en septiembre 2016. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.

### Fructificación

Los pastoreos intensivos, al igual que en *P. ligularis*, redujeron marcadamente la cantidad de panojas por planta en *P. speciosa*: 44% el pastoreo intensivo de invierno y 69% el de primavera en 2015 (Figura 2.14a). En 2016 la cantidad de panojas fue muy baja en toda la población muestreada, con menos de una panoja por planta, y no hubo efectos de los tratamientos. El peso y altura de panojas de *P. speciosa*, a diferencia de *P. ligularis* donde los pastoreos intensivos los redujeron, no fueron afectados significativamente por los tratamientos (Figura 2.14b y 2.14c). En 2016 no se realizó la medición de peso debido a la escasa producción de panojas en la población.



**Figura 2.14.** Cantidad (a), peso (b) y altura (c) de panojas por planta de *Pappostipa speciosa* en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Sin datos para tratamientos Clausura y Otoñal en enero 2015.

En síntesis, el pastoreo intensivo generó efectos sobre *Pappostipa speciosa* casi exclusivamente si era aplicado en primavera. Los efectos fueron generalmente positivos, ya que aumentó notablemente la cantidad de hojas verdes, hojas amarillas y macollos. Respecto de la fructificación, los pastoreos intensivos de invierno y primavera redujeron el número de panojas por planta sin modificar su peso y altura. El pastoreo intensivo de otoño no modificó significativamente ninguna variable en esta especie.

### **2.4.3 *Azorella prolifera***

El pastoreo continuo con carga moderada y la clausura al pastoreo no difirieron en ninguna variable medida en *Azorella prolifera*. Por lo tanto, cuando a continuación se describen los cambios generados por el pastoreo intensivo se los refiere al comportamiento promedio de ambos tratamientos de referencia, salvo que se explicita algo distinto.

#### Crecimiento aéreo

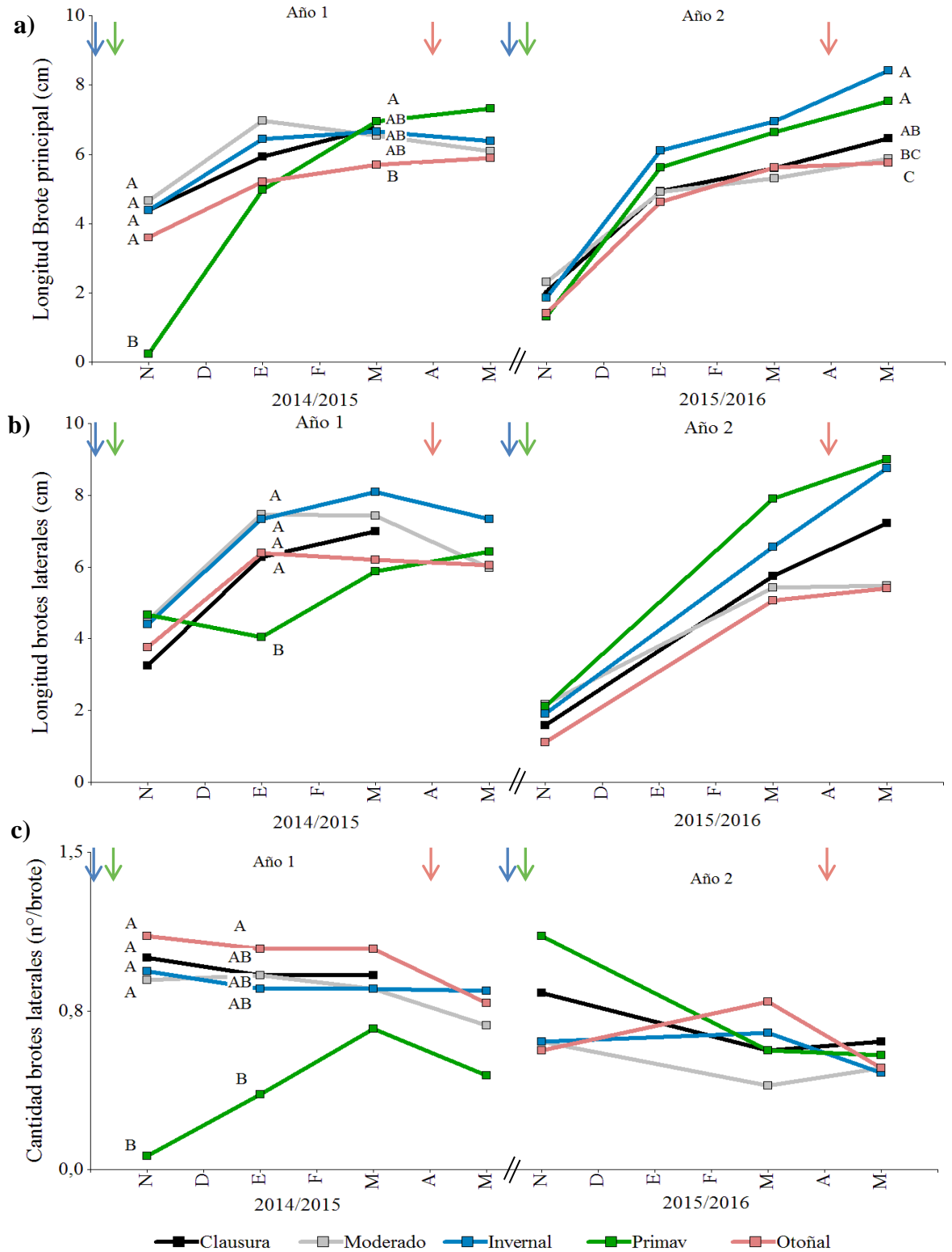
Debido a la fenología decidua de *M. prolifera*, los gráficos de crecimiento aéreo de esta sección sólo registran datos en el período noviembre-mayo de cada año, coincidiendo con la presencia de biomasa verde de la especie.

El primer pastoreo intensivo de primavera redujo a valores casi nulos la longitud de los brotes principales de *M. prolifera*, pero a los dos meses los brotes se recuperaron y alcanzaron longitudes similares a los de los demás tratamientos (Figura 2.15a). Al final del segundo año, los pastoreos intensivos de primavera e invierno aumentaron 30% la longitud de los brotes principales.

Si bien el pastoreo intensivo de primavera redujo 58% la longitud de brotes laterales el primer verano, en marzo 2015 los valores se equipararon a los demás

tratamientos (Figura 2.15b). No hubo otras diferencias significativas hasta el final del muestreo.

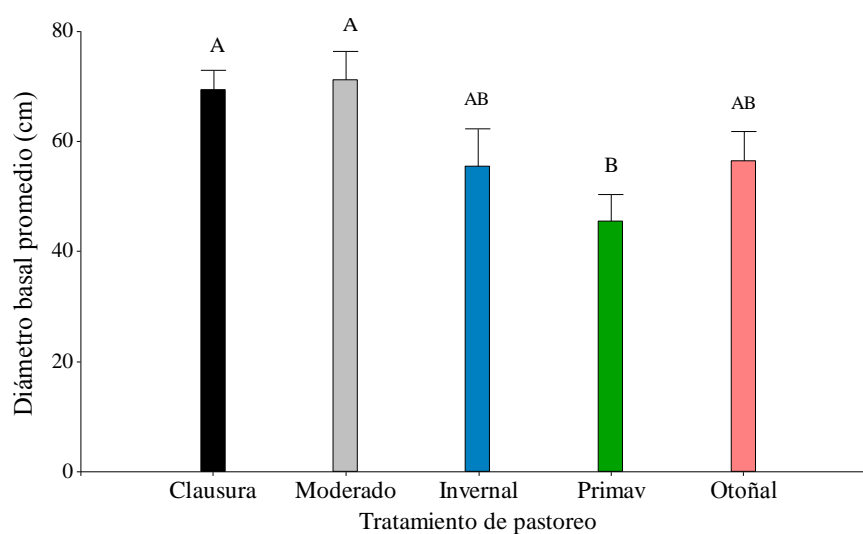
El primer pastoreo intensivo de primavera redujo a casi cero los brotes laterales por brote principal de *M. prolifera*, y este valor fue aumentando a lo largo del verano hasta no tener diferencias significativas con los otros tratamientos (Figura 2.15c). Bajo los demás tratamientos los brotes tenían un brote lateral al inicio de las mediciones y no se observó producción de nuevos brotes durante el periodo muestreado.



**Figura 2.15.** Longitud promedio de brote vivo principal (a), brotes laterales (b) y cantidad promedio de brotes laterales (c) de *Azorella prolifera* entre noviembre y mayo de los dos años de muestreo para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Las flechas indican el momento de pastoreo de cada tratamiento (azul: Invernal; verde: Primavera; rojo: Otoñal). Sin datos para tratamiento Clausura en mayo 2015.

La mortalidad de brotes (%) promedio de *M. prolifera* a lo largo de todo el periodo muestreado fue mayor en los tratamientos de pastoreo intensivo de primavera y de otoño:  $14,9 \pm 5,4$  y  $16,3 \pm 4,4$  respectivamente, mientras que en los restantes tres tratamientos fue de  $3,7 \pm 0,9\%$  promedio a lo largo de todo el estudio (media  $\pm$  error estándar). Los valores máximos de mortalidad de brotes ocurrieron el primer año, al finalizar los pastoreos intensivos de primavera y otoño: 57% y 42% respectivamente.

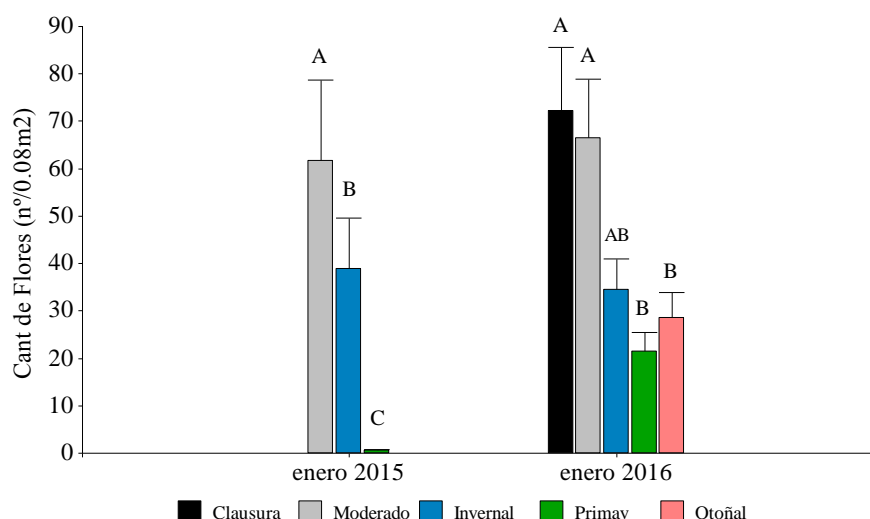
El pastoreo intensivo de primavera redujo un 35% el diámetro basal promedio de plantas de *M. prolifera* luego de dos años de estudio (Figura 2.16). Los pastoreos intensivos de invierno y otoño generaron valores intermedios. Al inicio del ensayo no había diferencias significativas en esta variable, por lo que se asume que las diferencia encontradas en octubre 2016 se pueden atribuir a los tratamientos de pastoreo (Tabla Apéndice.2.2).



**Figura 2.16.** Diámetro basal promedio de *Azorella prolifera* para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal, en octubre 2016. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.

### Fructificación

Los pastoreos intensivos redujeron marcadamente la cantidad de flores de *M. prolifera*: 84% bajo pastoreo de primavera, 59% bajo pastoreo de otoño y 44% bajo pastoreo de invierno, en promedio ambos años (Figura 2.17).



**Figura 2.17.** Cantidad de flores de *Azorella prolifera* en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Sin datos para tratamientos Clausura y Otoñal en enero 2015.

En síntesis, el pastoreo intensivo afectó el crecimiento aéreo y la fructificación de *M. prolifera* con diferencias entre los tratamientos aplicados en distinta estación del año. El pastoreo intensivo de primavera permitió un rápido rebrote postpastoreo, y al igual que el pastoreo intensivo de invierno, aumentó la longitud de brotes al final del muestreo. Sólo el pastoreo intensivo de primavera redujo el diámetro de planta. El pastoreo intensivo de otoño no afectó el crecimiento aéreo de esta especie. La fructificación, medida en cantidad de flores, fue disminuida por los tres tratamientos de pastoreo intensivo.



#### 2.4.4 *Senecio filaginoides*

El pastoreo continuo con carga moderada y la clausura al pastoreo no difirieron en ninguna variable medida en *Senecio filaginoides*, con la única excepción de la cantidad de flores cuyos resultados se describen al final de esta sección. Debido a la falta de diferencias entre estos tratamientos de referencia es que a continuación se utiliza su comportamiento promedio para referir los cambios generados por el pastoreo intensivo, salvo que se explicita algo distinto.

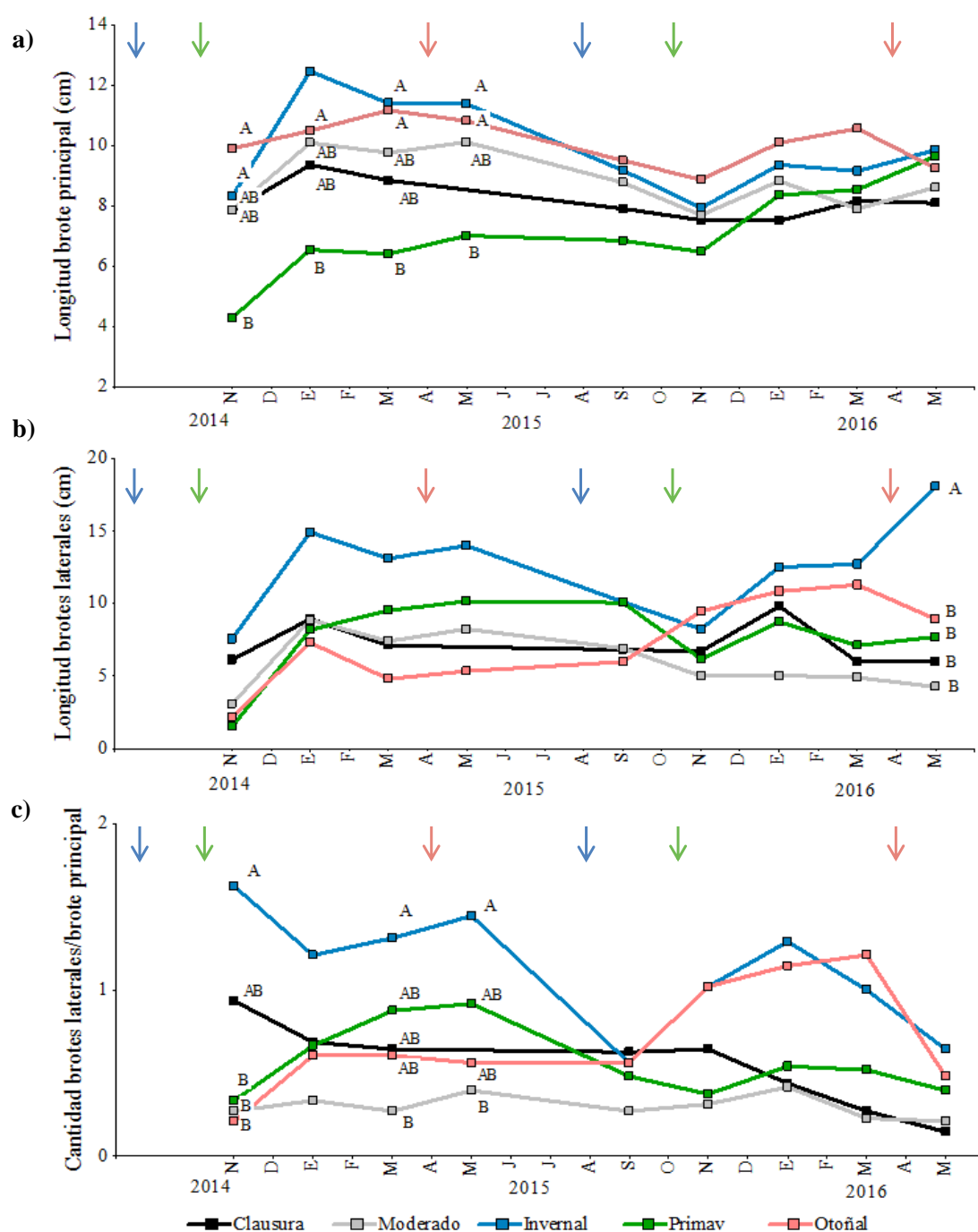
##### Crecimiento aéreo

El pastoreo intensivo de primavera fue el único tratamiento que afectó la longitud de brote principal de *S. filaginoides* (Figura 2.18a). La longitud se redujo un 46% después del primer pastoreo, y esas plantas mantuvieron brotes 31% más cortos hasta el invierno siguiente. En el segundo año de muestreo esta variable no fue afectada significativamente por ningún tratamiento.

El pastoreo intensivo de invierno aumentó 350% la longitud de brotes laterales de *S. filaginoides* en el final del estudio, y fue el único tratamiento que afectó esta variable significativamente (Figura 2.18b). Los brotes expuestos a los otros tratamientos crecieron 8 cm promedio en los primeros cuatro meses de muestreo y se mantuvieron relativamente constantes durante los dos años de mediciones.

El pastoreo intensivo de invierno aumentó 1,6 la cantidad de brotes laterales por brote principal de *S. filaginoides* dos meses después del primer pastoreo, lo que superó notablemente el aumento de 0,3 brotes ocurrido bajo los otros tratamientos de pastoreo intensivo y continuo de carga moderada (Figura 2.18c). Este importante aumento fue eliminado por el segundo pastoreo intensivo de invierno. Luego de ese momento, y a lo largo del segundo año, se observó una tendencia de mayor cantidad de brotes bajo

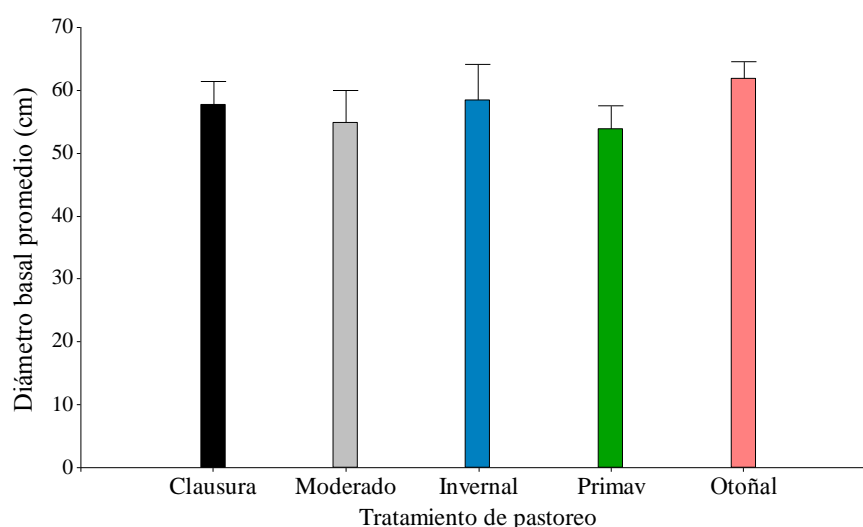
pastoreo intensivo de invierno y otoño, pero sin diferencias estadísticamente significativas.



**Figura 2.18.** Longitud promedio de brote principal (a), brotes laterales (b) y cantidad promedio de brotes laterales (c) por brotes principal de *Senecio filaginoides* entre noviembre 2014 y mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Las flechas indican el momento de pastoreo de cada tratamiento (azul: Invernal; verde: Primavera; rojo: Otoño). Sin datos para tratamiento Clausura en mayo 2015.

En los potreros bajo pastoreo intensivo de primavera la mortalidad de brotes de *S. filaginoides* fue de  $21,9 \pm 3,5$  % promedio de todo el periodo de medición, mayor al  $13,2 \pm 1,5$  observado bajo los otros tratamientos (media  $\pm$  error estándar). A diferencia de *M. prolifera*, los máximos de mortalidad no coincidieron con la aplicación de pastoreos intensivos.

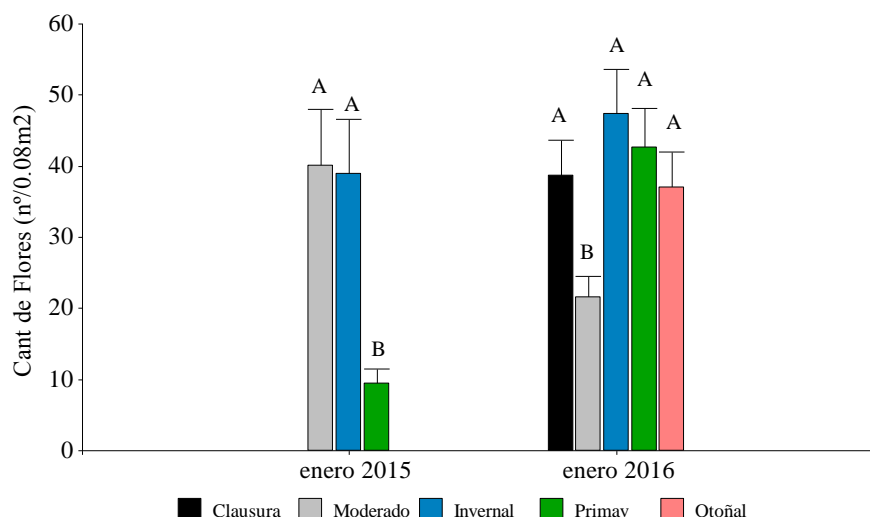
A diferencia de *M. prolifera*, el tamaño de plantas de *S. filaginoides* no fue afectado significativamente por los tratamientos (Figura 2.19).



**Figura 2.19.** Diámetro basal promedio de *Senecio filaginoides* para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal, en octubre 2016. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.

### Fructificación

Al igual que en *M. prolifera*, el pastoreo intensivo de primavera redujo marcadamente la cantidad de flores de *S. filaginoides* y en este caso la diferencia fue de 76%, pero sólo el primer año (Figura 2.20). En 2016 el pastoreo continuo con carga moderada redujo un 48% la cantidad de flores respecto de los otros tratamientos.

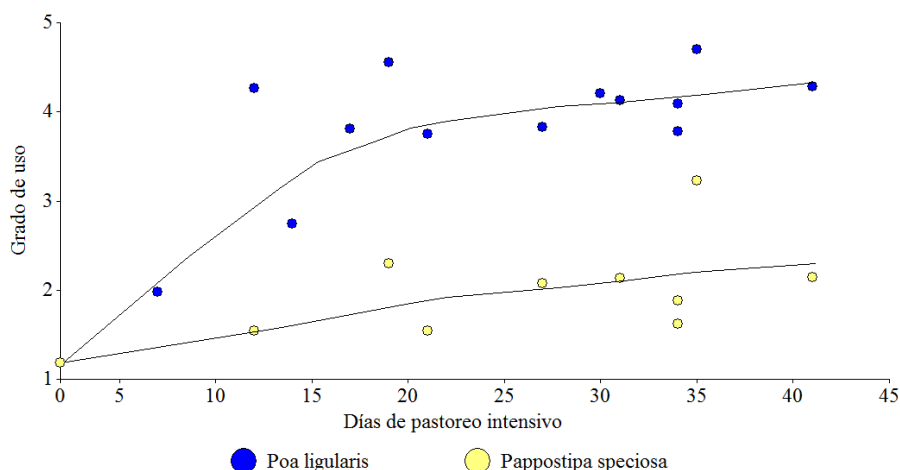


**Figura 2.20.** Cantidad de flores de *Senecio filaginoides* en enero 2015 y enero 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Sin datos para tratamientos Clausura y Otoñal en enero 2015.

En síntesis, el pastoreo intensivo afectó el crecimiento aéreo y la fructificación de *S. filaginoides* con diferencias entre los tratamientos aplicados en distinta estación del año. El pastoreo intensivo de invierno aumentó la longitud y cantidad de brotes secundarios. El diámetro basal de plantas no fue afectado. El tratamiento de primavera fue el único pastoreo intensivo que redujo la fructificación. El pastoreo intensivo de otoño no modificó ninguna variable en esta especie.

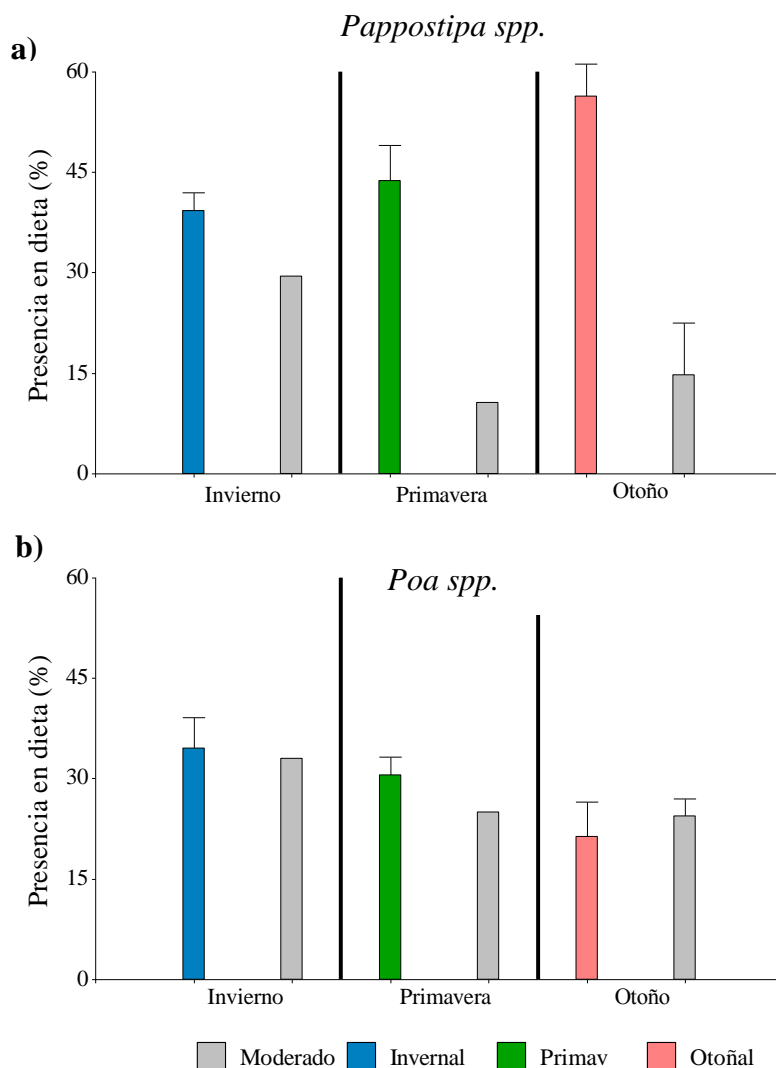
#### 2.4.5 Selectividad

El grado de uso de *P. ligularis* fue mayor que el de *P. speciosa* a lo largo de todos los pastoreos intensivos aplicados (Figura 2.21 y Tabla Apéndice.2.3). El máximo grado de uso observado en *P. ligularis* fue 4,64 (escala de 1 a 5), mientras que el valor máximo observado en *P. speciosa* fue 3,14. El grado de uso promedio en los potreros bajo pastoreo continuo de carga moderada fue de 1 a lo largo de todo el periodo muestreado para ambas especies (observación a campo).



**Figura 2.21.** Grado de uso promedio de *Poa ligularis* y *Pappostipa speciosa* a lo largo de la aplicación de los pastoreos intensivos. Se muestran los valores medidos en ambos años de muestreo. Las series se muestran suavizadas mediante una regresión localmente ponderada (LOWESS).

Al finalizar cada pastoreo intensivo, las heces de las ovejas bajo esos tratamientos tenían 150% más de *Pappostipa spp.* que las heces de las ovejas bajo pastoreo continuo con carga moderada, en promedio ambos años, y en invierno ocurrió la menor diferencia entre los tratamientos: 25% (Figura 2.22a). La presencia de *Poa spp.* en heces fue de 28% promedio, similar entre ambos tratamientos en las tres estaciones (Figura 2.22b). *Azorella prolifera* sólo fue detectada en los pastoreos de otoño, y en bajos valores (1% en ambos tratamientos). Respecto de *Senecio spp.*, los resultados son variables: las heces de las ovejas bajo pastoreo intensivo de invierno tenían 53% más *Senecio spp.* que las heces de las ovejas bajo pastoreo continuo con carga moderada, mientras que en primavera la relación fue inversa: las heces de ovejas bajo pastoreo intensivo de primavera tenían 77% menos *Senecio spp.* que las de pastoreo de carga moderada. En otoño la presencia en heces de *Senecio spp.* fue de sólo 0,7%. Los datos completos de dieta se encuentran en el Apéndice (Tabla A.2.4).



**Figura 2.22.** Presencia de *Pappostipa spp.* (a) y *Poa spp.* (b) en dieta de ovejas bajo los tratamientos de pastoreo Moderado Continuo (barras grises) y de los pastoreos intensivos de invierno (barras azules), primavera (barras verdes) y otoño (barras rojas). Se muestra el promedio de ambos años de aplicación de los tratamientos; los datos corresponden al momento de finalización de los pastoreos intensivos. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar.

## 2.5 Discusión

Los resultados de este capítulo evidencian cómo el pastoreo intensivo aplicado en distintas estaciones del año afecta diferencialmente el crecimiento aéreo, la fructificación y el crecimiento radicular de especies con distinta preferencia por parte del ovino, así como modifica la selectividad en una estepa patagónica.

### Crecimiento aéreo

En contra de la predicción 1.1 (*Los pastoreos intensivos de primavera y otoño afectarán más negativamente el crecimiento aéreo de las plantas que el pastoreo de invierno*), los pastoreos intensivos de primavera y de otoño no afectaron de la misma manera el crecimiento aéreo, a pesar de que ambos ocurrieron en estaciones de crecimiento seguidas por estaciones de bajo crecimiento o latencia. El pastoreo de primavera tuvo efecto similar a lo predicho, aunque con una alta fluctuación entre las variables y las especies, mientras que el pastoreo otoñal tuvo efectos más semejantes al pastoreo intensivo de invierno. Este pastoreo de invierno no tuvo efectos negativos sobre el crecimiento aéreo, tal como se postulaba en la misma predicción 1.1 en base a que ocurre en una estación de latencia seguida por una estación de alto crecimiento. Debido a la semejanza entre los pastoreos de invierno y de otoño, sus efectos son discutidos en conjunto en esta sección.

#### **Pastoreo intensivo de primavera - Gramíneas.**

El pastoreo intensivo de primavera, en concordancia con la predicción 1.1, redujo la longitud de hoja viva en las dos gramíneas estudiadas, probablemente porque la defoliación en ese período elimina más fácilmente meristemas intercalares activos y porque el descanso coincidió con una latencia estival por falta de agua, lo que retrasa el crecimiento posterior (Gold y Caldwell 1989a). En contraposición, este mismo pastoreo aumentó la cantidad de hojas verdes en las gramíneas, aunque con importantes diferencias entre especies: en *P. ligularis* el aumento no se mantuvo después del segundo pastoreo, mientras que en *P. speciosa* el aumento perduró hasta el final del muestreo. El alto incremento de hojas verdes ocurrido en *P. speciosa* fue consecuentemente acompañado por un aumento de hojas amarillas a los cuatro meses del pastoreo, coincidiendo con Jobbágy y Sala (2000) quienes encontraron una

correlación positiva entre la biomasa de hojas senescentes con la PPNA del año anterior en una comunidad similar a la estudiada en este estudio. El aumento de hojas verdes y amarillas en *P. speciosa* estuvo directamente vinculado a la duplicación en el número de macollos ocurrido también bajo el pastoreo de primavera. Este aumento de macollaje frente al pastoreo es una característica de especies adaptadas o tolerantes al pastoreo (Grant et al. 1983; Carman 1985; Zhang y Romo 1995; Lemaire y Chapman 1996). La reproducción vegetativa mediante la producción de macollos es la principal fuente de crecimiento de las poblaciones de gramíneas en los pastizales (Lattera et al. 1997; Oliva et al. 2005), y por ende, determina fuertemente la persistencia y productividad de las plantas, de sus poblaciones y de las interacciones entre especies de distinta preferencia de la comunidad (Archer y Detling 1984; Briske y Richards 1995). El pastoreo de primavera, al igual que los otros pastoreos intensivos, redujo la cantidad de hojas grises por macollo en *P. ligularis* a partir del segundo año de muestreo, lo que facilita el acceso de los animales al forraje (Paruelo et al. 1992; Vallentine 2001; Mingo y Oesterheld 2009). Por todo lo mencionado, podemos afirmar que el pastoreo intensivo de primavera durante dos años en las condiciones estudiadas afectó negativamente el crecimiento aéreo de *P. ligularis* y beneficia el de *P. speciosa*.

Dada la alta tasa de crecimiento de gramíneas durante la primavera, existe la posibilidad de que haya ocurrido sobrepastoreo en plantas de *Poa ligularis* que rebrotaran durante el pastoreo intensivo de primavera. Sin embargo, esto no modificaría las conclusiones arriba mencionadas acerca del efecto del pastoreo intensivo sobre el crecimiento aéreo, ya que las diferencias encontradas entre tratamientos son mayores al crecimiento primaveral medido durante el estudio.



### **Pastoreo intensivo de invierno y otoño - Gramíneas.**

El pastoreo intensivo de invierno, tal como se preveía en la predicción 1.1, y también el de otoño, permitieron una rápida recuperación en el crecimiento de gramíneas durante la estación de crecimiento siguiente al pastoreo. Esto coincide con varios autores que afirman que el período de latencia es el menos crítico para la defoliación y que si el descanso coincide con fenofases de actividad vegetativa, cuando son abundantes los meristemas apicales e intercalares activos, las plantas pueden recuperar su vigor más rápido que si el descanso ocurre en latencia (Briske 1991; Zhang y Romo 1995; Holechek et al. 2000; Heitschmidt et al. 2005). Esta rápida recuperación en el crecimiento también podría indicar una respuesta plástica al disturbio por pastoreo, principalmente de *P. ligularis* tal como ha sido reportado por Gittins et al. (2010) y Moreno (2012). El pastoreo de invierno también generó menor cantidad de hojas amarillas de *P. ligularis* durante la estación de crecimiento, y por ende, menos hojas grises el siguiente año. Esta reducción de material muerto modifica la estructura de la planta haciéndola más accesible a los animales (Paruelo et al. 1992; Vallentine 2001; Mingo y Oesterheld 2009) y concuerda con experiencias en las que el pastoreo con altas cargas instantáneas y descansos largos modificó la estructura de las plantas mediante aumentos en la proporción de biomasa verde y la remoción de biomasa senescente respecto de un pastoreo continuo con baja carga (Belsky 1986; Paruelo et al. 1992). También coincide con Cipriotti y Aguiar (2005) quienes observaron una reducción en el tamaño de *P. ligularis* pero no así de *P. speciosa* bajo pastoreo intenso continuo. En síntesis, los pastoreos intensivos de invierno y otoño generaron cambios en el crecimiento aéreo de mayor magnitud en *P. ligularis* que en *P. speciosa*, pero estos cambios no perduraron más de un año.

### **Pastoreo intensivo de primavera- Arbustos.**

Respecto de la predicción 1.1, el pastoreo intensivo de primavera no tuvo un efecto marcado sobre el crecimiento aéreo de los arbustos. Bajo este tratamiento, el número y la longitud de los brotes principales y laterales de *M. prolifera* se recuperaron rápidamente e incluso aumentaron al final de la temporada de crecimiento (antes de su senescencia). Sin embargo, bajo el mismo tratamiento se observaron los valores más altos de mortalidad de brotes y se redujo el tamaño de planta, en contraposición a Fernández et al. (1992) quien no encontró cambios en *M. prolifera* ni en *S. filaginoides* en el tamaño de planta bajo presiones de pastoreos crecientes en una comunidad vegetal similar.

### **Pastoreo intensivo de invierno y otoño - Arbustos.**

Respecto de los arbustos, el pastoreo intensivo de invierno aumentó levemente la longitud de brotes principales de *M. prolifera* y la cantidad y longitud de brotes laterales de *S. filaginoides*, explicado tal vez por la remoción de brotes terminales y de la dominancia apical ejercida por esos (Holechek et al. 1989). El pastoreo intensivo de otoño no produjo ningún efecto sobre los arbustos.

### **Fructificación**

El pastoreo intensivo de primavera, en concordancia con la predicción 1.2 (*El pastoreo intensivo de primavera reducirá la fructificación de gramíneas y arbustos*), redujo en gran magnitud la fructificación en gramíneas y arbustos, aunque hubo diferencias en cuanto a la especie. Las especies de mayor preferencia, *P. ligularis* y *M. prolifera*, fueron intensamente afectadas, mientras que en *P. speciosa* y *S. filaginoides* los efectos fueron de menor magnitud, sólo sobre alguna de las variables medidas y con fluctuaciones año a año. La fuerte reducción en la fructificación de las especies de

mayor preferencia puede deberse a la posible ocurrencia de sobrepastoreo durante la primavera, lo cual implicaría que las plantas deban utilizar mayores recursos para reconstruir la estructura vegetativa en desmedro de la producción de semillas (McNaughton 1983; Bullock 1996). El pastoreo intensivo de invierno también redujo la fructificación, pero en menor magnitud y mayor variabilidad que el pastoreo de primavera, mientras que el pastoreo de otoño sólo la afectó en *M. prolifera*. La reducción observada en la fructificación de gramíneas coincide con lo reportado por Siffredi et al. (1992) en una comunidad similar. Si bien en ambientes áridos la mayor reproducción es vegetativa, la pérdida de fructificación es de alta relevancia ya que la reproducción sexual es igualmente necesaria para el mantenimiento de la diversidad genética de la población y para la regeneración de la población (O'Connor 1991).

Independientemente de los tratamientos de pastoreo, los escasos valores de fructificación de *P. speciosa* observados en enero 2016 pueden atribuirse a una restricción hídrica. La precipitación anual y la humedad del suelo en la primavera de 2015 fueron 33% y 36% menores que el año anterior, respectivamente (Tabla Apéndice.1.1), lo que se supone redujo la translocación de recursos para la producción de semillas de esta especie cuya semillazón depende de la disponibilidad de agua (Soriano 1983; Soriano et al. 1987).

#### Crecimiento de raíces

Contrariamente a lo postulado en la predicción 1.3 (*El pastoreo intensivo de otoño reducirá el crecimiento radicular de gramíneas*), el pastoreo intensivo de otoño, que coincide con el momento de producción de raíces, no afectó esta variable en *P. ligularis*, y tampoco lo hicieron los otros pastoreos intensivos. Si bien hay muchos reportes en la bibliografía sobre casos en los que el pastoreo no reduce la producción de

raíces (Milchunas y Lauenroth 1993; Reece et al. 1996; Saint Pierre et al. 2002), los resultados de este estudio se contraponen con Oñatibia (2013) quien observó una reducción por pastoreo en la biomasa radicular de las especies preferidas, entre ellas *P. ligularis*, en una comunidad vegetal similar a la estudiada.

### **Selectividad**

Tal como se estipulaba en la predicción 2.1 (*Los animales bajo pastoreo intensivo consumirán mayor proporción de las especies de menor preferencia que los animales bajo pastoreo continuo con carga moderada*), se detectaron mayores porcentajes de *Pappostipa spp.* en heces de ovejas al finalizar los pastoreos intensivos que en ovejas bajo pastoreo continuo con carga moderada. Esto evidencia que el pastoreo intensivo redujo la selectividad en el pastoreo, al menos en el consumo de gramíneas. Sin embargo, la mayor presión de pastoreo aplicada en los pastoreos intensivos no derivó en una reducción de la defoliación sufrida por las especies de mayor preferencia (Bailey 1995; Augustine y McNaughton 1998; Vallentine 2001), ya que *Poa ligularis* tuvo desde el inicio y hasta el final de cada pastoreo un alto grado de uso que nunca fue alcanzado en *P. speciosa*. Incluso se observó que la utilización de *P. speciosa* ocurrió sólo con el pastoreo avanzado, cuando la disponibilidad de *P. ligularis* era menor (observación personal), luego de 30 días de pastoreo, en promedio.

### **Pastoreo moderado vs. clausura**

Los resultados no permiten evidenciar diferencias a escala de planta entre el tratamiento de pastoreo continuo con carga moderada y el tratamiento clausura. Esta falta de diferencias se contrapone con Oñatibia y Aguiar (2016) quienes registraron que el pastoreo moderado aumenta la biomasa verde respecto de la clausura en una comunidad semejante a la estudiada. Esta diferencia de resultados podría estar dada por

la poca antigüedad (2 años) de las clausuras que estudiamos, en coincidencia con Oliva et al. (2005) quien en el corto plazo tampoco encontró cambios en el tamaño de plantas de gramíneas bajo los mismos tratamientos de pastoreo. Esto resalta la importancia que tendría la acumulación en el tiempo del efecto del pastoreo sobre estas especies. Asimismo, cabe mencionar que la heterogeneidad en la distribución espacial del pastoreo no fue medida y puede haber sido un factor interviniente en los resultados de este capítulo.

### **Capítulo III: Efecto del pastoreo intensivo en distintas estaciones del año a escala de comunidad**

### 3.1 Introducción

En ambientes semiáridos, el pastoreo modifica la estructura de la comunidad vegetal y estas modificaciones se incrementan a medida que la carga animal aumenta (Milchunas et al. 1988; Proulx y Mazumder 1998; Hobbs y Huenneke 1992; Bisigato y Bertiller 1997; Cipriotti y Aguiar 2005; Hein 2006; Cesa y Paruelo 2011; Cheli et al. 2016). El pastoreo de altas cargas aumenta el suelo desnudo (Zhao et al. 2005; Gaitán et al. 2009; Buono et al. 2011; Augustine et al. 2012; Cheli et al. 2016), reduce o fragmenta los parches<sup>3</sup> de vegetación (Ludwig y Tongway 1995; Zhao et al. 2005; Gaitán et al. 2009; Lin et al. 2010; López 2011), y reduce la riqueza específica (Oliva et al. 1998; Cipriotti y Aguiar 2005), entre otros efectos. Estos cambios estructurales suelen ser acompañados por cambios funcionales, tales como una mayor pérdida de agua del suelo por evaporación directa (Paruelo y Sala 1995; López 2011) y la reducción de la productividad primaria de la comunidad (Milchunas y Lauenroth 1993; Briske y Richards 1994).

La selectividad (capítulos I y II) también influye sobre los cambios que el pastoreo genera en la estructura del pastizal. El pastoreo continuo con bajas cargas, altamente selectivo, induce cambios en la composición florística de las estepas, ya sea por aumento de la cobertura de especies menos preferidas en desmedro de las más preferidas, o por aumento de la cobertura de arbustos y reducción de la de pastos (León y Aguiar 1985; Coughenour 1991; Perelman et al. 1997; Bertiller y Bisigato 1998; Wan

---

<sup>3</sup> Los parches de vegetación son un conjunto de plantas (pastos y/o arbustos) que obstruyen o desvían la escorrentía superficial y los materiales transportados, y que se encuentran agrupados en una matriz de suelo desnudo o mantillo (interparches) donde los recursos como el agua, los materiales del suelo y la broza se transportan libremente (López 2011; Oliva et al. 2011).

et al. 2015; Cipriotti y Aguiar 2005; Buono et al. 2011; Ren et al. 2016). En contraste, el pastoreo intensivo, menos selectivo, minimiza los patrones heterogéneos de pastoreo (áreas sobrepastoreadas y áreas subutilizadas), simplifica la estructura espacial de la comunidad, modifica la composición florística y así, modifica su funcionamiento (López 2011; Ren et al. 2015).

El pastoreo intensivo remueve y redistribuye la biomasa senescente y muerta en pie de las plantas (Belsky 1986; Paruelo et al. 1992; Oñatibia 2013; capítulo II), lo que aumenta la cobertura de mantillo en el interparche y la exposición de la biomasa vegetal a los factores abióticos. Esto incrementa las tasas de descomposición y, en el corto plazo, también la materia orgánica del suelo, principalmente de su fracción particulada (Austin y Vivanco 2006; Duval et al. 2013; Baker y Allison 2015). La materia orgánica particulada es la fracción de la materia orgánica más joven y activa, y está compuesta por partículas de mayor tamaño que el humus (entre 0,053 y 2 mm). Es la fracción más afectada por la erosión y el pastoreo, lo que la hace un buen indicador de cambios a corto plazo en suelos expuestos a esos disturbios (Biederbeck et al. 1994; Plante et al. 2006; Galantini y Suñer 2008; Videla et al. 2008; Enriquez y Cremona 2017).

En áreas semiáridas, el pastoreo de alta carga afecta la cantidad y composición del banco de semillas y la disponibilidad de micrositios seguros para el establecimiento de plántulas (Kinucan y Smeins 1992; Mayor et al. 2003). El pastoreo afecta el tamaño y composición del banco de semillas, ya sea porque reduce la producción de éstas (capítulo II), o porque induce cambios estructurales que afectan la calidad y cantidad de micrositios disponibles para retener semillas (Aguiar y Sala 1997; Kinloch y Friedel, 2005; López et al. 2013; Franzese et al. 2015). Asimismo, el pastoreo intensivo reduce la supervivencia de plántulas por efecto de pisoteo (Salihi y Norton 1987; Mesléard et



al. 2017). Debido a ello, en estepas semiáridas el reclutamiento de nuevos individuos sería casi imposible sin descansos (Soriano 1956). Prácticas de manejo tales como evitar el pastoreo durante el período reproductivo de las plantas o durante la emergencia de plántulas promoverían el reclutamiento de pastos perennes (Bisigato y Bertiller 2004).

El pastoreo puede modificar el intercambio de CO<sub>2</sub> en pastizales debido a cambios en la fotosíntesis y/o en la respiración del suelo, y esto se intensifica significativamente en pastoreos de altas cargas (Lecain et al. 2000; Chimner y Welker 2005; Wang et al. 2015a; Liu et al. 2016; Pan et al. 2016; Rong et al. 2017). La fotosíntesis de la planta entera es instantáneamente reducida por la defoliación, pero esa reducción no es necesariamente proporcional a la biomasa aérea removida: si el pastoreo remueve hojas verdes, la reducción en la fotosíntesis será mayor que si se remueven hojas senescentes cuya capacidad fotosintética es menor (Robson et al. 1988; Gold y Caldwell 1989b; Briske y Richards 1995). Asimismo puede ocurrir fotosíntesis compensatoria, es decir, que la tasa de fotosíntesis de las hojas de plantas defoliadas sea mayor a la de hojas de la misma edad de plantas no defoliadas. Esto puede suceder varios días después de la defoliación, tanto en hojas remanentes como en hojas producidas durante el rebrote (Briske y Richards 1995).

El efecto del pastoreo sobre la comunidad vegetal es acompañado por cambios en el suelo (Heady y Child 1994; Bailey 1995; Paz-Kagan et al. 2016; Li et al. 2017), que aumentan su magnitud frente a mayores cargas animales (Willatt y Pullar 1984; Warren et al. 1986; Thurow 1991; Nash et al. 2004; Cheli et al. 2016; Paz-Kagan et al. 2016). El impacto de las pezuñas rompe los agregados del suelo, aumenta la densidad aparente del interparche, disminuye las tasas de infiltración e incrementa el escurrimiento del agua en el suelo y el riesgo de erosión (Thurow 1991; Baetti et al.

1993; Ludwig et al. 1994; Jones 2000; Parizek et al. 2002; Zhao et al. 2007; Funk et al. 2012; Wang et al. 2015b; Li et al. 2017).

A partir de lo expuesto en el capítulo I sobre las variables que determinan el efecto del pastoreo, la carga animal y la estación del año, surge el interrogante de cómo dichas variables interactúan para determinar cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades semiáridas. Contar con esta información es muy relevante a la hora de establecer sistemas de pastoreo que busquen maximizar la productividad secundaria sin afectar la estructura y funcionamiento de los pastizales semiáridos, que ya de por sí son susceptibles a la degradación por pastoreo.

### **3.2 Objetivo e hipótesis**

El objetivo de este capítulo es evaluar el efecto del pastoreo intensivo aplicado en distintas estaciones del año, correspondientes a fenofases contrastantes, sobre la comunidad vegetal. Se evaluaron variables de estructura y funcionamiento de la comunidad, tales como coberturas, intercambio neto de CO<sub>2</sub>, productividad forrajera, reclutamiento de nuevos individuos, mortalidad de plantas jóvenes y algunas variables edáficas e índices funcionales.

En este marco se plantean las siguientes hipótesis para ser evaluadas en una estepa del Distrito Occidental Patagónico:

**Hipótesis 1:** Los efectos del pastoreo sobre la comunidad vegetal dependen de la carga animal aplicada, debido a los cambios que ésta produce en la selectividad, en el grado de utilización del pastizal y/o en el pisoteo.

*Predicciones:*

1.1- El pastoreo intensivo, por su mayor uso del pastizal, redistribuirá biomasa senescente y muerta en pie, lo que aumentará la cobertura de mantillo en el interparche y consecuentemente aumentará el porcentaje de materia orgánica particulada en el suelo.

1.2- El pastoreo intensivo, menos selectivo, reducirá en igual medida la cobertura de especies preferidas y no preferidas.

1.3- El pastoreo intensivo, debido a que utiliza en mayor grado el pastizal, reducirá el tamaño de parches y aumentará el de interparches.

1.4- El pastoreo intensivo, al aumentar el pisoteo y el grado de utilización del pastizal, aumentará la mortalidad de gramíneas jóvenes.

1.5- El pastoreo intensivo, al aumentar el pisoteo, aumentará la densidad aparente del suelo y reducirá las tasas de infiltración.

**Hipótesis 2:** Los efectos del pastoreo intensivo sobre la comunidad vegetal dependen de la estación del año en la que se lo realiza. Esto es así porque cambia el estado fenológico de la vegetación al momento de ser pastoreada y durante el descanso postpastoreo.

Predicciones:

2.1- Los pastoreos intensivos de primavera y otoño, que coinciden con estaciones de crecimiento seguidas por estaciones de bajo crecimiento o latencia, reducirán más la cobertura vegetal y la disponibilidad forrajera de la comunidad vegetal y el intercambio neto de CO<sub>2</sub> de parches de *Poa ligularis* que el pastoreo de invierno, que coincide con una estación de latencia seguida por una estación de alto crecimiento.

2.2- El pastoreo intensivo de otoño, que coincide con la emergencia de plántulas, reducirá el reclutamiento de plántulas en la comunidad.

### **3.3 Materiales y métodos**

#### **3.3.1 Sitio de estudio, tratamientos y diseño experimental**

El sitio de estudio, los tratamientos de pastoreo y el diseño experimental de este estudio corresponden a lo detallados en la sección 2.3 del capítulo II.-

#### **3.3.2 Variables de respuesta**

##### Cobertura y estructura de parches e interparches

Se utilizó la metodología de Oliva et al. (2011), la cual es sugerida por los promotores del sistema de pastoreo intensivo en Patagonia para verificar los efectos de ese sistema sobre el estado de la vegetación y su tendencia a largo plazo (Butterfield et al. 2006; Borrelli et al. 2013). Para ello, en cada potrero (tres repeticiones por tratamiento) se dispuso una transecta fija de 30 m orientada en sentido NO-SE en la dirección del flujo predominante (viento) sobre la cual se midieron diferentes atributos estructurales y funcionales de la comunidad. Particularmente, sobre cada transecta se registró 1) la cobertura aérea y/o basal presente cada 20 cm (cobertura vegetal viva, suelo desnudo, mantillo, material muerto en pie y cobertura por especie, grupo funcional y preferencia forrajera según Tabla Apéndice.3.1); 2) la estructura de todos los parches (longitud basal a lo largo de la transecta, ancho basal transversal a la transecta, altura y cantidad de parches); y 3) la condición superficial de diez interparches (longitud a lo largo de la transecta, cobertura aérea de vegetación viva y/o muerta de plantas superiores, cobertura de criptógamas, cobertura, origen y grado de

descomposición del mantillo, tipo y severidad de erosión, presencia de costras y de materiales depositados y micro-topografía). Se consideró parche a todo segmento de la transecta cubierto por vegetación viva, senescente y/o muerta en pie con espacios de suelo desnudo y/o mantillo menores a 10 cm. Las porciones que no cumplían con estas características fueron consideradas interparches de suelo desnudo y/o mantillo. Para facilitar el monitoreo se dejaron estacas permanentes en los extremos de cada transecta y en los diez interparches a monitorear de cada una. Las mediciones se realizaron antes del inicio de los tratamientos de pastoreo, en junio 2014, y al finalizar el último, en junio 2016.

#### Intercambio neto de CO<sub>2</sub> del ecosistema

El intercambio neto de CO<sub>2</sub> del ecosistema (INE) es el intercambio total de carbono entre la atmósfera y el ecosistema, y considera tanto la fotosíntesis neta de la vegetación como la respiración del suelo. Para evaluar el efecto del tratamiento de pastoreo sobre el INE se utilizó un analizador de gases infrarrojos de sistema cerrado (Modelo EGM-4, PP Systems) que mide el cambio en la concentración de CO<sub>2</sub> dentro de una cámara transparente (Figura 3.1). Luego de colocar la cámara sobre el suelo, y una vez que la concentración de CO<sub>2</sub> dentro de ella se estabiliza (generalmente 30-60 s), se mide el INE cada 10 s durante 60 s (Chimner y Welker 2005). Las mediciones fueron realizadas en días sin nubosidad en el momento de máxima radiación solar, entre las 11 y las 14 h, para reducir la variabilidad en el INE debido a cambios de temperatura y radiación (Jabro et al. 2008). El tamaño reducido de la cámara restringe su utilización a plantas de gramíneas, y dado el limitado tiempo disponible para medir en el mismo día bajo condiciones constantes, se priorizó y restringió la medición a parches compuestos por una planta de *P. ligularis* más el suelo desnudo circundante. En cada potrero se

monitorearon los mismos cinco parches de *P. ligularis*, compuestos por plantas de tamaño pequeño (8 cm de diámetro basal promedio) elegidos al azar en la primer fecha de medición. Las mediciones se realizaron entre diciembre 2014 y marzo 2016 con una frecuencia aproximada de 38 días durante la temporada de crecimiento y una única medición durante la fenofase de latencia invernal (junio).



**Figura 3.1.** Instrumental utilizado para medir el intercambio neto de CO<sub>2</sub> del ecosistema: cámara transparente conectada al analizador de gases infrarrojos (Modelo EGM-4, PP Systems).

### Disponibilidad forrajera

Se determinó la disponibilidad forrajera de gramíneas en el momento de máxima productividad aérea (enero), en cada potrero. Para ello, se utilizaron dos metodologías diferentes cada año. En enero 2015 se aplicó el método de Valor Pastoral (Elissalde et al. 2002). Dada la insensibilidad de esa metodología para detectar cambios entre tratamientos (observación personal), en enero 2016 se realizaron cortes de biomasa de gramíneas preferidas (de preferencia alta e intermedia; Tabla Apéndice.3). Los cortes se realizaron en 3 marcos de 2,5 x 0,32 m por potrero, distanciados 15 m cada uno sobre una transecta sentido N-S. Los cortes se realizaron a 10 cm de altura y el material recolectado fue separado en sus fracciones viva (verde), senescente (amarilla) y muerta (gris), secado a 60 °C hasta peso constante y pesado. Para el cálculo de disponibilidad

forrajera se consideraron únicamente las fracciones vivas y senescentes, y se aplicó un Factor de Uso del 50% (Elissalde et al. 2002; Siffredi et al. 2013)

### Reclutamiento de plántulas y mortalidad de plantas jóvenes

En cada potrero se delimitaron dos subparcelas de 2 m<sup>2</sup> que contuvieran un parche arbustivo-graminoso maduro, con al menos un individuo adulto de *M. prolifera* y uno de *S. filaginoides*, debido a que esta configuración estructural crea micrositios para el establecimiento de plántulas en esta comunidad (Soriano et al. 1994; Aguiar y Sala 1997; López 2011). En mayo de 2015 y 2016, coincidiendo con la época de reclutamiento registrada para esta comunidad (López 2011), se cuantificó en cada subparcela la emergencia de plántulas de especies perennes. En las mismas subparcelas, y al inicio del estudio, se marcaron todas las plantas jóvenes de gramíneas perennes de menos de 3 cm de ancho basal, cuya sobrevivencia o mortalidad fue monitoreada inmediatamente después de cada pastoreo intensivo. Este monitoreo de sobrevivencia o mortalidad se realizaba en todos los potreros, hayan sido pastoreados recientemente o no.

### Suelo

En mayo de 2016, al finalizar el estudio, se midieron tres variables de suelo en los potreros: infiltración, densidad aparente y contenido de materia orgánica particulada. La tasa de infiltración de agua en el suelo se determinó mediante el uso de infiltrómetro de doble anillo (Sarkar y Halder 2005), con tres mediciones por potrero en interparches de aproximadamente 1 m de largo orientados en sentido NO-SE (en la dirección del flujo predominante: viento). La densidad aparente del suelo se determinó mediante el método del cilindro en interparches de iguales condiciones que en los que se midió

infiltración, a partir de ocho muestras/potrero tomadas a 4,5 cm de profundidad, las cuales fueron secadas en estufa a 105 °C hasta peso constante y pesadas. La determinación de la materia orgánica particulada del suelo se hizo según el protocolo de Galantini y Suñer (2008) adaptado de Elliott y Cambardella (1991) en tres muestras compuestas/potrero de suelo tomadas a 10 cm de profundidad entre matas de coirones. En laboratorio, cada muestra se procesó de la siguiente manera: 20 g de suelo tamizado con malla de 2 mm se dispersaron con 30 ml de hexametafosfato de sodio (0,5%) durante 18 h en un agitador horizontal (150 golpes por min); el suelo disperso fue lavado con agua desmineralizada sobre tamiz de 0,053 mm, y la fracción allí retenida se secó a 105 ° durante 24 h y se pesó, para luego ser procesada mediante el método de Walkley y Black (1934).

#### Índices funcionales

Se calcularon tres índices de funcionamiento del ecosistema: estabilidad, infiltración y reciclaje de nutrientes, según metodología de Tongway y Hindley (2004) adaptada para la estepa patagónica (Oliva et al. 2011), debido a que ésta es la metodología sugerida para evaluar el sistema de pastoreo intensivo en Patagonia (Borrelli et al. 2013). El índice de estabilidad indica la capacidad del suelo para resistir las fuerzas erosivas. El índice de infiltración indica la proporción de la lluvia que ingresa al suelo y la que escurre superficialmente. El índice de reciclaje de nutrientes indica la efectividad con la que la materia orgánica es reciclada devolviendo los nutrientes al suelo. Los datos utilizados para el cálculo de los índices provienen de la medición de las transectas mencionadas al inicio de esta sección. En la Tabla 3.1 se indican las variables que se utilizan como indicadores para el cálculo de cada índice.



Las variables de resistencia de la superficie, slake test y textura no fueron medidas porque asumimos que no varían con los tratamientos aplicados en el plazo estudiado.

**Tabla 3.1.** Variables utilizadas para el cálculo de los índices funcionales de estabilidad, infiltración y reciclaje de nutrientes (Oliva et al. 2011).

Indicadores		Índices funcionales		
		Estabilidad	Infiltración	Reciclaje de nutrientes
Parche	Cobertura basal		X	X
Interparche	Cobertura aérea	X		
	Cobertura de mantillo	X	X	X
	Origen y grado de descomposición de mantillo		X	X
	Cobertura de criptógamas	X		X
	Tipo y severidad de erosión	X		
	Materiales depositados	X		
	Microtopografía		X	X
	Presencia de costras	X		
	Resistencia de la superficie	X	X	
	Slake test	X	X	
	Textura		X	

### 3.3.3 Análisis de datos

Todas las variables, a excepción del INE y mortalidad de plantas jóvenes, se midieron en dos momentos a lo largo del estudio, los cuales se analizaron por separado mediante ANOVA ajustando el correspondiente modelo de DBCA. Para la variable mortalidad de plantas jóvenes se realizó un análisis descriptivo. La variable INE se midió en forma repetida, por lo que se analizó mediante ANOVA con medidas repetidas en el tiempo. Dado que en cada potrero se tomó más de una medición, y que este submuestreo fue balanceado, se analizó el promedio por potrero para simplificar el ajuste del modelo estadístico.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante el software Infostat (Di Rienzo et al. 2016). El nivel de significación considerado fue de  $\alpha = 0,05$  y en caso de encontrarse diferencias significativas entre tratamientos se aplicó el test de comparaciones múltiples de Bonferroni. Se corroboraron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas en los casos que correspondiera.

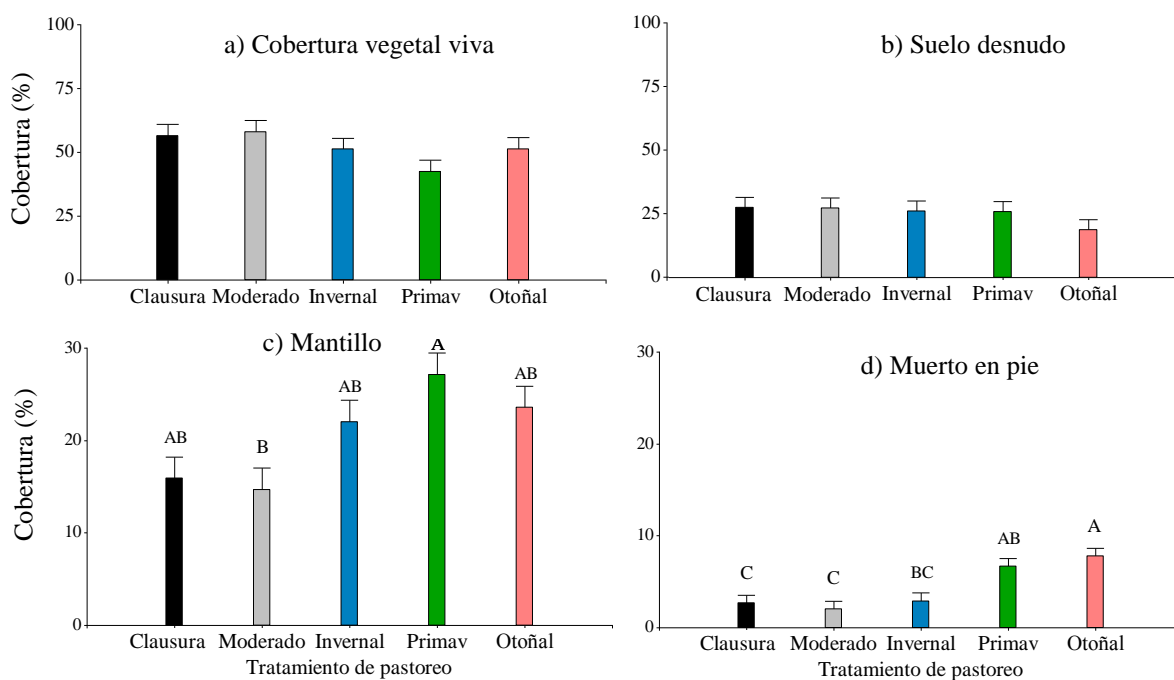
### **3.4 Resultados**

El pastoreo continuo con carga moderada y la clausura al pastoreo no difirieron en ninguna variable medida. Por lo tanto, cuando a continuación se describen los cambios generados por el pastoreo intensivo se los refiere al comportamiento promedio de ambos tratamientos de referencia, salvo que se explicita algo distinto.

#### **3.4.1 Cobertura y estructura de parches e interparches**

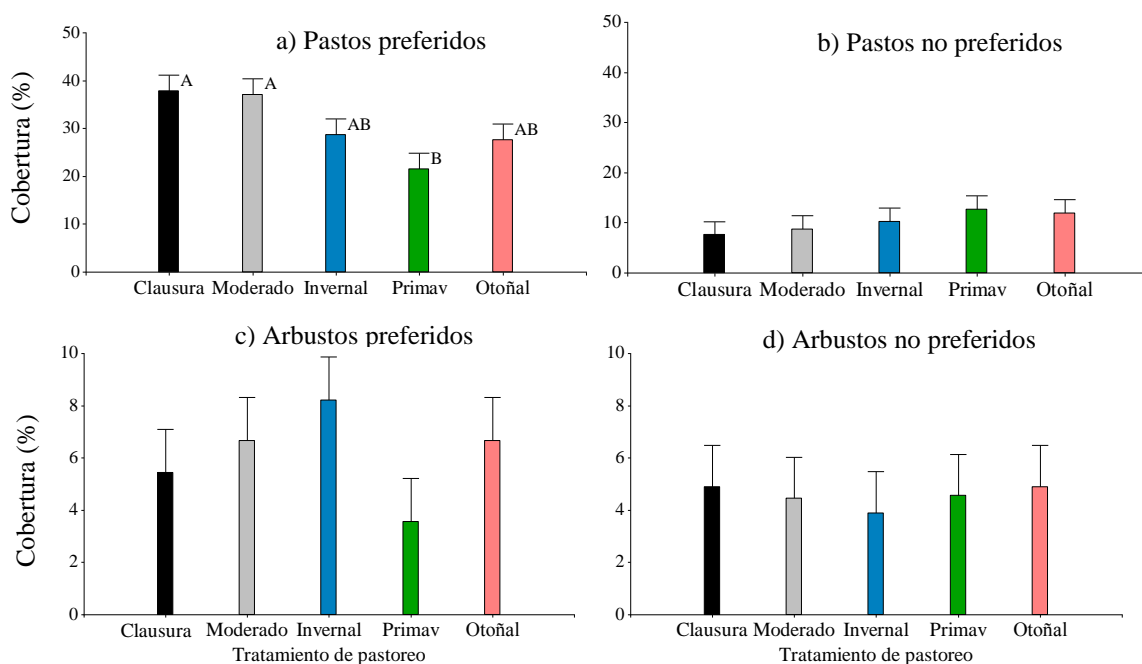
Al inicio del estudio (junio 2014) no se encontraron diferencias significativas en ninguna variable medida, por lo que se asume que las diferencias mostradas a continuación pueden ser atribuidas a los tratamientos de pastoreo aplicados (Tabla Apéndice.3.2)

Los tratamientos de pastoreo no afectaron significativamente la cobertura vegetal viva ni la de suelo desnudo (Figura 3.2a, b). El pastoreo intensivo de primavera aumentó un 85% la cobertura de mantillo respecto del pastoreo continuo con carga moderada (Figura 3.2c). Los pastoreos intensivos de primavera y otoño triplicaron la cobertura de material muerto en pie, mientras que los potreros bajo pastoreo de invierno tuvieron coberturas intermedias (Figura 3.2d).



**Figura 3.2.** Cobertura absoluta vegetal viva **a)**, de suelo desnudo **b)**, de mantillo y **c)** de material muerto en pie **d)**, en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.

El pastoreo intensivo de primavera redujo un 43% la cobertura de pastos preferidos (incluyendo especies de preferencia alta e intermedia), mientras que los potreros bajo pastoreos intensivos de invierno y otoño tuvieron coberturas intermedias (Figura 3.3a). Las coberturas de pastos no preferidos, de arbustos preferidos y de arbustos no preferidos no fueron afectadas significativamente por los tratamientos (Figura 3.3b, c, d).



**Figura 3.3.** Cobertura absoluta por grupo funcional de pastos preferidos **a)**, pastos no preferidos **b)** arbustos preferidos **c)** y arbustos no preferidos **d)** en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos.

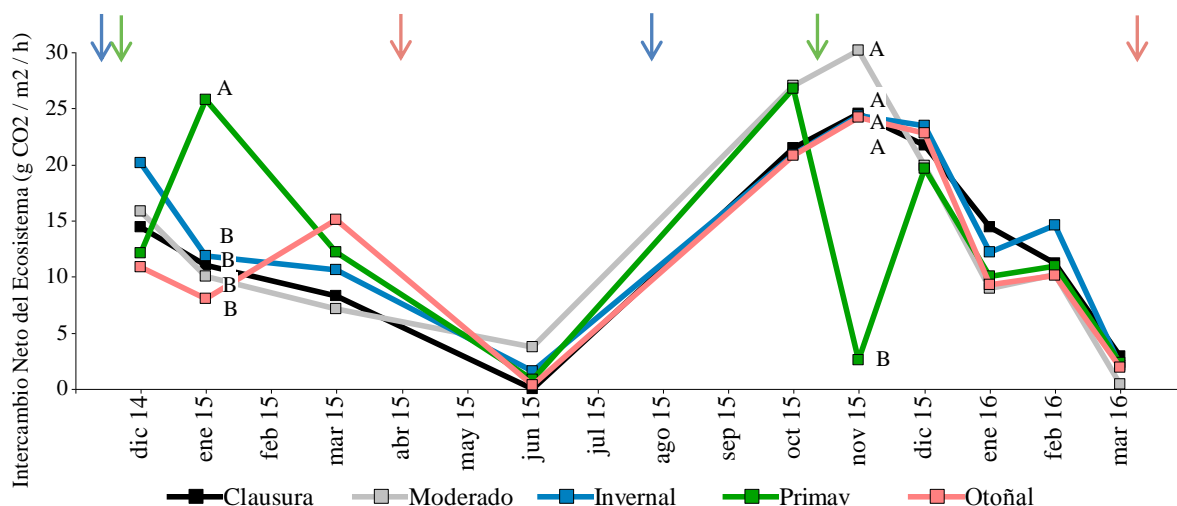
El pastoreo intensivo de primavera redujo un 37% el ancho basal de parches respecto de la clausura al pastoreo (Tabla 3.2). Las restantes variables medidas en parches e interparches no fueron afectadas significativamente por los tratamientos.

**Tabla 3.2.** Características de parches e interparches de transectas fijas en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos. Se muestra la media  $\pm$  error estándar.

Tratamiento	Longitud basal de parches (cm)	Ancho basal de parches (cm)	Altura de parches (cm)	Densidad de parches (n°/m)	Longitud de Interparches (cm)
Clausura	43,1 $\pm$ 4,9	95,3 $\pm$ 7,7 <b>a</b>	37,2 $\pm$ 1,5	0,8 $\pm$ 0,07	75,7 $\pm$ 7,5
Moderado	46,8 $\pm$ 3	82,1 $\pm$ 10,5 <b>ab</b>	36,8 $\pm$ 5,3	0,7 $\pm$ 0,03	83,4 $\pm$ 1,2
Invernal	48,4 $\pm$ 6,1	81,9 $\pm$ 7,2 <b>ab</b>	29,8 $\pm$ 3,6	0,8 $\pm$ 0,07	75,8 $\pm$ 4,9
Primaveral	45 $\pm$ 2,1	59,9 $\pm$ 5,3 <b>b</b>	29,9 $\pm$ 1,9	0,8 $\pm$ 0,06	76,4 $\pm$ 6,3
Otoñal	44 $\pm$ 3,3	81,9 $\pm$ 9,7 <b>ab</b>	37,3 $\pm$ 3,7	0,8 $\pm$ 0,02	75,8 $\pm$ 4,6

### 3.4.2 Intercambio neto de CO<sub>2</sub> del ecosistema

El pastoreo intensivo de primavera aumentó 250% el INE de parches de *Poa ligularis* en enero 2015, dos meses después del primer pastoreo, y lo redujo 90% un día después de finalizado el segundo pastoreo (Figura 3.4). Pasados 45 días de ambos cambios, los valores de INE se recuperaron y equipararon a los demás tratamientos.



**Figura 3.4.** Intercambio neto promedio de CO<sub>2</sub> del ecosistema en parches de *Poa ligularis* en el momento del día de máxima tasa fotosintética, entre diciembre 2014 y marzo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Las flechas indican el momento de pastoreo de cada tratamiento (azul: Invernal; verde: Primavera; rojo: Otoñal).

### 3.4.3 Disponibilidad forrajera

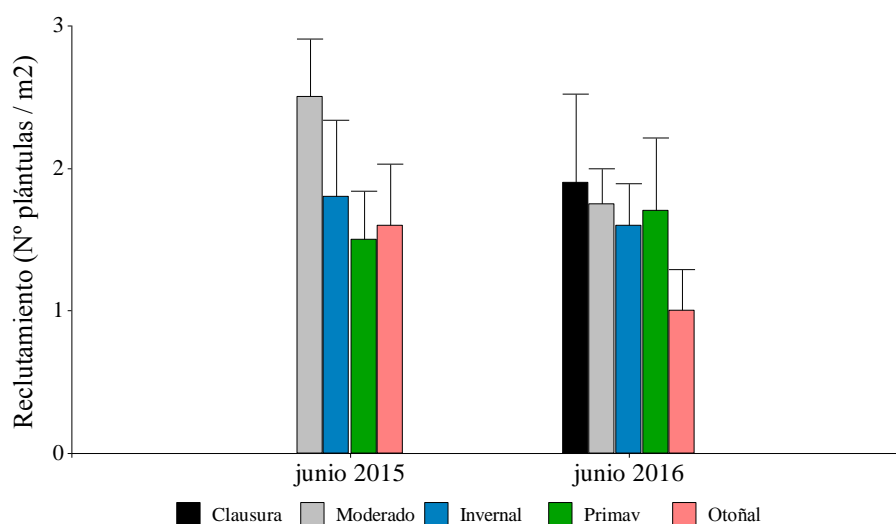
La disponibilidad forrajera de graminéas no fue afectada significativamente por los tratamientos (Tabla 3.43).

**Tabla 3.3.** Disponibilidad forrajera de gramíneas en enero 2015 por método de Valor Pastoral y 2016 por método de corte de biomasa, para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos. Se muestra la media  $\pm$  error estándar.

Tratamiento	Disponibilidad forrajera de gramíneas (kgMS/ha/año)	
	2015	2016
Clausura	172 $\pm$ 18,6	162,5 $\pm$ 13
Moderado	170,9 $\pm$ 19,5	151,5 $\pm$ 2,5
Invernal	162,4 $\pm$ 12,4	133,2 $\pm$ 12,7
Primaveral	159,2 $\pm$ 33,8	109,6 $\pm$ 20
Otoñal	-	127,2 $\pm$ 13,2

#### 3.4.4 Reclutamiento de plántulas y mortalidad de plantas jóvenes

El reclutamiento de plántulas perennes no fue afectado significativamente por los tratamientos en ninguno de los dos años muestreados; el promedio general fue de 1,7 plántulas/m<sup>2</sup> (Figura 3.5).



**Figura 3.5.** Reclutamiento de plántulas perennes en junio 2015 y junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Las barras corresponden al valor medio y las líneas verticales al error estándar. No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos en cada fecha. Sin datos para tratamiento Clausura en junio 2015.

Los pastoreos intensivos generaron mortalidad de gramíneas jóvenes, mientras que el pastoreo continuo con carga moderada y la clausura no lo hicieron. El pastoreo intensivo de primavera provocó los mayores valores de mortalidad (%), seguido por el de otoño y el de invierno:  $8,8 \pm 2,8$ ,  $5,8 \pm 2$  y  $3,8 \pm 2,2$  respectivamente, promedio del periodo agosto 2014 - mayo 2016 (media  $\pm$  error estándar).

### 3.4.5 Suelo

El pastoreo intensivo de primavera redujo 38% la tasa de infiltración en el interparche respecto de la clausura al pastoreo, mientras que el resto de los tratamientos generaron valores intermedios (Tabla 3.4). La densidad aparente del interparche y el contenido de materia orgánica particulada no fueron afectados significativamente por los tratamientos.

**Tabla 3.4.** Densidad aparente (0 - 4,5 cm), tasa de infiltración y materia orgánica particulada (0 - 10 cm) en mayo 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos. Se muestra la media  $\pm$  error estándar.

Tratamiento	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Tasa de infiltración (mm/h)	Materia Orgánica Particulada (%)
Clausura	$1,49 \pm 0,02$	$302,2 \pm 15,4$ <b>a</b>	$0,36 \pm 0,02$
Moderado	$1,54 \pm 0,03$	$271,5 \pm 21,3$ <b>ab</b>	$0,35 \pm 0,02$
Invernal	$1,52 \pm 0,02$	$237,9 \pm 16,8$ <b>ab</b>	$0,41 \pm 0,05$
Primavera	$1,53 \pm 0,02$	$187,9 \pm 15,1$ <b>b</b>	$0,46 \pm 0,04$
Otoñal	$1,54 \pm 0,03$	$202,4 \pm 10,7$ <b>ab</b>	$0,4 \pm 0,03$

### 3.4.6 Índices funcionales

Los pastoreos intensivos de primavera y otoño aumentaron el índice de estabilidad un 9%, mientras que el pastoreo intensivo de invierno lo redujo un 6%



(Tabla 3.5). Los índices funcionales de infiltración y reciclaje de nutrientes no fueron afectados significativamente por los tratamientos.

**Tabla 3.5.** Índices funcionales en junio 2016 para los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. Los índices se expresan como el % respecto del máximo de cada indicador. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos. Se muestra la media  $\pm$  error estándar.

Tratamiento	Índices funcionales		
	Estabilidad	Infiltración	Reciclaje de nutrientes
Clausura	55,6 $\pm$ 2,8 <b>ab</b>	32,7 $\pm$ 3,2	36,3 $\pm$ 3
Moderado	53,4 $\pm$ 0,2 <b>ab</b>	30,1 $\pm$ 1,5	32,4 $\pm$ 0,6
Invernal	51,3 $\pm$ 1,1 <b>b</b>	32,1 $\pm$ 3,4	34,7 $\pm$ 3,4
Primavera	58,8 $\pm$ 1,4 <b>a</b>	40,1 $\pm$ 5,4	43,7 $\pm$ 5,2
Otoño	60,2 $\pm$ 1,1 <b>a</b>	40,5 $\pm$ 2,8	43 $\pm$ 2,9

### 3.5 Discusión

Los resultados de este capítulo evidencian cómo el pastoreo ovino intensivo aplicado en distintas estaciones del año afecta diferencialmente la cobertura, la estructura de parches e interparches, la disponibilidad forrajera, la mortalidad de plantas jóvenes, el reclutamiento, el intercambio neto de CO<sub>2</sub> y algunas variables edáficas e índices funcionales de una estepa semiárida.

La hipótesis 1 (*Los efectos del pastoreo sobre la comunidad vegetal dependen de la carga animal aplicada*) no fue corroborada en su totalidad, ya que los tratamientos de pastoreo intensivo no tuvieron un efecto consistente y distinto al pastoreo continuo con carga moderada (a excepción de la variable mortalidad de plantas jóvenes, desarrollada en esta sección) durante los años de realizado estudio. Sin embargo, la hipótesis 2 (*Los efectos del pastoreo intensivo sobre la comunidad vegetal dependen de la estación del año en la que se lo realiza*) sí se comprobó en muchas variables, debido

a efectos generados mayoritariamente por el pastoreo intensivo de primavera. Dada la conexión entre ambas hipótesis, a continuación se las discute en conjunto.

### Cobertura y estructura de parches e interparches

La ausencia de cambios en la cobertura vegetal viva y la de suelo desnudo contrasta con el aumento de la cobertura de mantillo en los potreros bajo pastoreo intensivo de primavera. Este aumento de mantillo coincide con la predicción 1.1 (*El pastoreo intensivo redistribuirá biomasa senescente y muerta en pie*) y con lo registrado por Paruelo et al. (1992) y Chamane et al (2017). El principal origen de este mantillo es, presumiblemente, el material proveniente de las matas de *P. ligularis* ya que en esa especie el pastoreo intensivo redujo fuertemente el número de hojas grises (capítulo II). En contra de lo postulado en la predicción 1.2 (*El pastoreo intensivo, menos selectivo, reducirá en igual medida la cobertura de especies preferidas y no preferidas*), el pastoreo intensivo de primavera redujo la cobertura de pastos preferidos (incluyendo especies de preferencia alta y de preferencia intermedia) pero no modificó la de pastos no preferidos. Es decir que, pese a que este tratamiento ejerció una alta presión de pastoreo, el grado de utilización del pastizal no fue totalmente homogéneo. Esta reducción en la cobertura aérea de pastos preferidos se explica principalmente por la menor longitud de hojas que generó este tratamiento (capítulo II). Respecto de los arbustos, los tratamientos de pastoreo intensivo no modificaron su cobertura, independientemente de la preferencia de cada especie.

En el marco de la predicción 1.3 (*El pastoreo intensivo reducirá el tamaño de parches y aumentará el de interparches*) el pastoreo intensivo de primavera redujo casi un 40% el ancho basal de los parches. Esa superficie puede haber sido reemplazada al menos parcialmente por mantillo, cuya cobertura aumentó bajo el mismo tratamiento, y

podría también reflejar la disminución observada en el tamaño de las plantas de *M. prolifera* (capítulo II). López (2011) encontró en la misma comunidad que los parches en sitios bajo pastoreo histórico son más angostos que en las clausuras. Esta reducción en el tamaño de parches puede degradar irreversiblemente la comunidad, ya que se podrían afectar la distribución de agua, suelo, materia orgánica y nutrientes, y así la resistencia y resiliencia de este sistema semiárido (Aguiar y Sala 1994; Ludwig y Tongway 1995; 1997; López 2011; López et al. 2013).

#### Intercambio neto de CO<sub>2</sub> del ecosistema

En concordancia parcial con la predicción 2.1 (*Los pastoreos intensivos de primavera y otoño afectarán más negativamente el intercambio neto de CO<sub>2</sub> de parches de Poa ligularis que el pastoreo de invierno*), el pastoreo intensivo de primavera afectó el INE de manera distinta a los otros pastoreos intensivos, y el efecto fue distinto según el tiempo transcurrido entre el fin del pastoreo y la medición. El INE fue notablemente mayor transcurridos dos meses del primer pastoreo, y fue menor inmediatamente finalizado el segundo pastoreo, en consonancia con trabajos previos que registraron descensos en la tasa fotosintética en hojas recientemente defoliadas y aumentos de la misma variable en las mismas hojas luego de transcurrido un tiempo post defoliación (Detling et al. 1979). Debido a que en ambos momentos de medición la cantidad y longitud de hojas verdes de *P. ligularis* no eran sustancialmente diferentes a los otros tratamientos (capítulo II), se deduce que las diferencias en el INE observadas se deben a cambios en la tasa fotosintética de las hojas remanentes y de las producidas en el rebrote. La medición realizada inmediatamente finalizado el pastoreo (noviembre 2015) demuestra la reducción instantánea en la tasa fotosintética de las hojas que en ese momento tendrían una muy alta capacidad fotosintética por encontrarse en el período de

máximo crecimiento vegetativo (Gold y Caldwell 1989b; Briske y Richards 1995). La medición dos meses después del pastoreo (enero 2015) muestra un aumento compensatorio en la fotosíntesis de las hojas viejas y de las hojas nuevas de *Poa ligularis* producidas luego del pastoreo, respecto de las que no habían sido pastoreadas (capítulo II). Esta mayor capacidad fotosintética de las plantas pastoreadas coincide con Shao et al. (2003) y Jin et al (2018), quienes registraron mayores valores de INE en estepas pastoreadas que la mismas estepas sin pastoreo.

#### Disponibilidad forrajera

La disponibilidad forrajera de gramíneas no fue modificada significativamente por los tratamientos, lo que coincide con la teoría de que el efecto del pastoreo es menor cuando los valores de productividad del pastizal son bajos (Milchunas y Lauenroth 1993; Bat-Oyun et al. 2016). En el mismo sentido, Oliva et al. (2016) observó, también en una estepa semiárida, que luego de 5 años de pastoreo intensivo con descansos, y pese a que la cobertura vegetal aumentó, la productividad forrajera no fue modificada por el pastoreo.

#### Reclutamiento de plántulas

En contra de la predicción 2.2 (*El pastoreo intensivo de otoño reducirá el reclutamiento de plántulas en la comunidad*), el reclutamiento no fue afectado por el pastoreo intensivo de otoño, pese a que éste ocurre durante la emergencia de plántulas en esta comunidad (López 2011), ni tampoco fue afectado por los otros tratamientos. Esto coincide con resultados previos de esta sección: al no haber sido modificada la cobertura de arbustos, tampoco lo fue la disponibilidad de micrositios disponibles para el reclutamiento (Aguiar y Sala 1997; López et al. 2013; Franzese et al. 2015). Estos

resultados también indican que, si bien el pastoreo intensivo redujo la fructificación en las cuatro especies estudiadas (capítulo II), dos años no fueron suficientes para afectar la disponibilidad del banco de semillas, aunque más años acumulados de pastoreo de altas cargas sí lo hacen (Franzese et al. 2015).

#### Mortalidad de plantas jóvenes

La mortalidad de gramíneas jóvenes fue la única variable en la que se corroboró la hipótesis general de que los efectos del pastoreo sobre la comunidad vegetal dependen de la carga animal aplicada, y también la predicción 1.4 (*El pastoreo intensivo, al aumentar el pisoteo, aumentará la mortalidad de gramíneas jóvenes*). Los tres pastoreos intensivos generaron mortalidad de gramíneas jóvenes, mientras que en los potreros bajo pastoreo continuo con carga moderada y en clausura no murió ninguna planta en todo el periodo muestreado. Esto demuestra que el pastoreo intensivo reduce la supervivencia de plántulas por efecto de pisoteo (Salihi y Norton 1987; Mesléard et al. 2017), y así modifica la estructura y funcionamiento de la estepa (Bonvissuto et al. 1993; López 2011).

#### Suelo e índices funcionales

La predicción 1.5 (*El pastoreo intensivo, al aumentar el pisoteo, aumentará la densidad aparente del suelo y reducirá las tasas de infiltración del suelo*) fue corroborada únicamente para la variable de infiltración. El pastoreo intensivo de primavera redujo la tasa de infiltración en el interparche, coincidiendo con otros estudios (Warren et al. 1986; Thurow et al. 1988; Thurow 1991). Esta menor infiltración de agua en el suelo intensificaría la pérdida de agua del sistema por evaporación y escurrimiento superficial (Paruelo y Sala 1995; Nash et al. 2004; López 2011). Debido a

que el agua es el recurso más limitante en ambientes semiáridos, aumentar su pérdida podría, a mediano plazo, afectar la productividad primaria de la comunidad (Milchunas y Lauenroth 1993; Briske y Richards 1994). Por otro lado, el pastoreo no modificó la densidad aparente del suelo, lo que coincide con autores que analizaron esta variable en sitios similares con mayor historia de pastoreo (Gaitán 2009; López 2011). Tampoco se observaron cambios en el contenido de materia orgánica particulada del suelo ni en el índice funcional de reciclaje de nutrientes, a pesar de que el aumento de la cobertura de mantillo ocurrido ocasionaría un aumento en la disponibilidad de restos vegetales y en el consecuente el reciclaje de nutrientes (Savory 1988; Butterfield et al. 2006; Oliva et al. 2011). El único índice funcional afectado por los tratamientos de pastoreo fue el índice de estabilidad, que aumentó en los potreros bajo pastoreo intensivo de primavera y otoño respecto del de invierno. Este aumento del índice de estabilidad indicaría una mayor habilidad del suelo para resistir fuerzas erosivas (Tongway y Hindley 2004; Oliva et al. 2011).

### **Pastoreo moderado vs. clausura**

Al igual que en el capítulo II, a escala de comunidad no se encontraron diferencias entre el pastoreo continuo con carga moderada y la clausura a pesar de la abundante bibliografía con evidencias contrarias (Bisigato y Bertiller 1997; Perelman et al. 1997; Cipriotti y Aguiar 2005; Gaitán et al. 2009; Cesa y Paruelo 2011). Esto demuestra que dos años de ausencia total de pastoreo no fueron suficientes para cambiar ninguno de los importantes aspectos estructurales y funcionales aquí estudiados. Según López (2011), se requeriría un mínimo de cinco años de exclusión al pastoreo para desencadenar una transición positiva en esta comunidad, como por ejemplo un aumento en la cobertura de gramíneas forrajeras. Oliva et al. (1998) demostró que algunos

pastizales en Patagonia son estados estables producto de más de cien años de pastoreo doméstico con cargas moderadas, por lo que ese tipo de pastoreo no genera cambios ni transiciones desfavorables en la comunidad vegetal.

## **Capítulo IV: Discusión general**



Esta tesis surge de la necesidad de generar información objetiva para evaluar la factibilidad de utilizar al pastoreo de altas cargas instantáneas como herramienta de manejo de pastizales en estepas semiáridas. En este marco, y por primera vez en Patagonia, se evaluaron los efectos de aplicar pastoreo intensivo en diferentes estaciones del año sobre el pastizal natural. Los pastoreos fueron aplicados siguiendo los lineamientos del método de Manejo Holístico de Recursos®: altas cargas instantáneas, corta duración y descansos largos (Savory y Parsons 1980; Butterfield et al. 2006). Esto nos permitió definir qué ocurre a escala de planta y de comunidad durante y luego de dos años de pastoreo intensivo. A escala de planta se evaluó principalmente el crecimiento aéreo y la fructificación de cuatro especies de distinta preferencia forrajera (capítulo II); a escala de comunidad se evaluaron distintos caracteres que definen su estructura y funcionamiento tales como cobertura, tamaño de parches de vegetación y reclutamiento (capítulo III). Se identificaron cambios provocados por el pastoreo intensivo en general, en comparación con el pastoreo continuo moderado y clausura, y cambios diferenciales según la estación del año en que se aplicó el pastoreo. La información generada contribuye a la definición de sistemas de pastoreo más eficientes según el objetivo de manejo buscado.

## **4.1 Principales resultados obtenidos**

### **4.1.1 Efectos del pastoreo intensivo sobre la estepa semiárida**

Luego de dos años de estudio en una estepa semiárida de Patagonia Norte, podemos afirmar que el pastoreo intensivo bajo las condiciones de este estudio tuvo efectos sobre el pastizal diferenciales según la estación del año, pero también efectos independientes de ella. A continuación se describen los efectos más importantes del

pastoreo intensivo observados en esta tesis, respecto de un pastoreo continuo histórico de carga moderada y una clausura de dos años de antigüedad.

Los pastoreos intensivos tuvieron efectos comunes, independientemente de la estación del año en que se los aplicó. El pastoreo intensivo aplicado dos años consecutivos en la estepa semiárida estudiada redujo la cantidad de hojas grises de la gramínea de mayor preferencia forrajera, *P. ligularis*, pero no afectó su macollaje ni el crecimiento radicular; y no afectó la cantidad de hojas grises ni el diámetro de planta de la gramínea de preferencia intermedia, *P. speciosa*. Respecto de los arbustos, el pastoreo intensivo redujo la fructificación de *M. prolifera* y el diámetro de *S. filaginoides*. Dos años de pastoreo intensivo no afectaron la cobertura viva total, de pastos no preferidos ni la de arbustos; tampoco modificaron la longitud de parches, la disponibilidad forrajera de gramíneas, el reclutamiento, la densidad aparente ni el contenido de materia orgánica particulada del suelo. El pastoreo intensivo, independientemente de la estación del año en que se lo aplicó, generó mortalidad de individuos jóvenes, mientras que el pastoreo continuo de carga moderada no lo hizo.

El pastoreo intensivo de primavera aplicado dos años consecutivos redujo la longitud de hojas en las dos gramíneas más abundantes de la estepa estudiada, y duplicó el número de hojas y de macollos sólo en la especie de preferencia intermedia. También aumentó la longitud de brotes pero redujo el tamaño de planta de *M. prolifera*, y no afectó a *S. filaginoides*. A escala de comunidad, aumentó la cobertura de mantillo y redujo la cobertura de pastos preferidos y el ancho basal de parches. Respecto del suelo, redujo la infiltración de agua. El pastoreo intensivo de primavera redujo fuertemente la fructificación, con mayor intensidad en las especies de mayor preferencia forrajera (*P. ligularis* y *M. prolifera*).

Los pastoreos intensivos de invierno y otoño permitieron la recuperación en longitud y cantidad de hojas verdes de *P. ligularis* y redujeron levemente la longitud de *P. speciosa* pero no afectaron la cantidad de hojas ni macollos. Tampoco afectaron el crecimiento de brotes secundarios de *M. prolifera* pero sí redujeron su fructificación. Estos pastoreos no modificaron el crecimiento de brotes principales ni la fructificación de *S. filaginoides*. Tampoco afectaron el INE. Los pastoreos intensivos de invierno y otoño generaron valores intermedios entre los pastoreos de referencia y el pastoreo intensivo de primavera en varias variables, entre ellas: diámetro de *M. prolifera*, cobertura de mantillo y de pastos preferidos, ancho de parches e infiltración de agua en suelo.

#### **4.1.2 Cumplimiento de los objetivos del pastoreo intensivo en el marco del Manejo Holístico**

En el marco del Manejo Holístico de Recursos® se propone al pastoreo intensivo como herramienta para lograr un conjunto de beneficios respecto del pastoreo continuo de carga moderada. Algunos de esos beneficios son el aumento de la cobertura, calidad y productividad forrajera del pastizal, incorporación de material vegetal al suelo para su descomposición, aceleramiento del ciclaje de agua y nutrientes, distribución de broza en superficie para facilitar la infiltración de agua, mayor crecimiento de raíces, homogeneización espacial del pastoreo y regeneración del pastizal degradado, entre otros (Savory y Parsons 1980; Savory 1983, 1988; Holechek et al. 1989; Butterfield et al. 2006).

Luego de dos años de pastoreo intensivo en una estepa semiárida, la cobertura vegetal viva no aumentó, e incluso el tamaño de parches disminuyó bajo pastoreo de

primavera. La disponibilidad forrajera no aumentó a escala de comunidad, pero sí lo hizo a escala de planta en la gramínea de preferencia intermedia bajo pastoreo de primavera (más hojas y macollos). La calidad forrajera de la comunidad disminuyó bajo el mismo pastoreo al reducirse la cobertura de pastos preferidos. El crecimiento de raíces no aumentó. Si bien sí ocurrió distribución de broza, medida como la disminución de hojas muertas en la gramínea de mayor preferencia y aumento de cobertura de mantillo bajo el tratamiento de primavera, la infiltración de agua en el suelo se redujo. La incorporación de material al suelo, medida como materia orgánica particulada, tampoco aumentó. Sí ocurrió una homogeneización del pastoreo, medida como una mayor presencia de especies de preferencia intermedia en las heces de ovejas bajo pastoreo intensivo que bajo pastoreo de carga moderada y también observada en el grado de uso de las mismas especies. Respecto de la regeneración del pastizal, ésta no sería posible en la comunidad estudiada por efecto del pastoreo intensivo porque éste redujo la fructificación de las cuatro especies dominantes y generó mortalidad de individuos jóvenes. Los resultados obtenidos permiten afirmar que el pastoreo intensivo aplicado de manera experimental durante dos años consecutivos en la estepa semiárida bajo estudio no generó muchos de los beneficios esperados según los lineamientos de Manejo Holístico de Recursos®, e incluso generó cambios contraproducentes al mantenimiento de la estructura y función de la comunidad.

## 4.2 Contribución a las decisiones de manejo de pastizales

En términos de manejo del pastizal, los resultados de esta tesis aportan información útil para evaluar la factibilidad del pastoreo intensivo como herramienta de manejo en estepas semiáridas. A la hora de tomar decisiones de manejo es muy importante hacerlo en función del objetivo buscado y siempre se debe contemplar que el pastoreo intensivo afecta más de una variable a la vez. Esto evitaría generar involuntariamente perjuicios indirectos y/o indeseables sobre el pastizal.

En este estudio fue posible hacer un uso intensivo de la estepa sin afectar la biomasa aérea viva de las especies preferidas al aplicar pastoreo en otoño o invierno y dejar descansar al menos los primeros meses de la siguiente estación de crecimiento (hasta noviembre inclusive), con especial atención en la recuperación de la especie de mayor preferencia forrajera (*Poa ligularis*). Este tipo de pastoreo incluso facilitaría el acceso de los animales al forraje mediante el aumento observado en la proporción vivo: muerto de *P. ligularis* la temporada siguiente. Sin embargo, antes de aplicar estos pastoreos se debe definir el sistema de pastoreo completo, es decir, definir el esquema anual de manejo del establecimiento incluyendo las cuatro estaciones.

El pastoreo intensivo de primavera también permitió un aprovechamiento intensivo del forraje y redujo el material muerto de *P. ligularis*, pero tuvo efectos controversiales que se deben contemplar integralmente a la hora de decidir su aplicación. Por un lado, este pastoreo aplicado en años cuyas precipitaciones anuales se aproximaron al promedio histórico (Tabla Apéndice.2.1) mantuvo, o incluso aumentó, la biomasa viva de *P. ligularis*, pero debiera aplicarse sólo un año sin reincidir en la primavera siguiente. Sin embargo, este pastoreo de primavera aumentó la reproducción vegetativa de la gramínea de preferencia intermedia (*P. speciosa*), lo que conlleva una

mayor utilización de los recursos disponibles (principalmente agua) de ésta por sobre la especie de mayor importancia forrajera. En base a los resultados de dos años de aplicar pastoreo intensivo de primavera podemos inferir que, de continuar aplicándose, intensificaría la reducción de cobertura aérea de pastos forrajeros y del tamaño de parches de vegetación, con la consecuente pérdida de disponibilidad forrajera, de cobertura vegetal total y de micrositios disponibles para el reclutamiento de nuevas plantas en la comunidad, así como derivar en un cambio de estado hacia una comunidad más degradada (Bonvissuto et al. 1993; López 2011).

En pastizales semiáridos degradados se debería desalentar fuertemente el pastoreo intensivo, ya que reduce notablemente la fructificación de las especies más abundantes y valiosas desde el punto de vista forrajero y produce mortalidad de individuos jóvenes.

#### Productividad secundaria

El pastoreo intensivo, al forzar a los animales a consumir especies de menor calidad nutricional, perjudica la producción animal individual (Allison 1985; Briske y Heitschmidt 1991; Dickhoefer et al. 2014). Conocer la intensidad de ese efecto también es importante a la hora de elegir el sistema de pastoreo. Por ello, y aunque no era el foco de esta tesis, analizamos el estado (peso y condición corporal) de las ovejas en cada tratamiento de pastoreo intensivo aplicado (Tabla Apéndice.4.1). Sin intención de inferir, dado el bajo número de animales y las condiciones espaciales del ensayo, se destaca que las mayores pérdidas de peso ocurrieron en los pastoreos intensivos de invierno y otoño, y que durante el pastoreo intensivo de primavera las pérdidas de peso fueron muy bajas, coincidiendo con la fenofase de máximo crecimiento vegetativo de las plantas. Dichas observaciones se suman a los resultados de esta tesis para destacar la

importancia que tiene, también sobre la productividad secundaria, la correcta elección del momento para aplicar un pastoreo intensivo.

### **4.3 Perspectivas**

Uno de los problemas en el abordaje de temáticas vinculadas a los recursos naturales son los vacíos de conocimiento, pero la generación de información básica sumada a un manejo adaptativo y a la coordinación efectiva entre actividades de investigación y manejo, permite abordar la complejidad del problema con cierta eficacia (Boyd y Svejcar 2009). Esta tesis busca ser parte de esa cadena en la búsqueda de lograr una solución más completa al problema complejo que constituye el manejo de pastizales naturales. Los resultados presentados ayudan a describir algunos de los efectos que genera el pastoreo intensivo en estepas semiáridas, pero la escala temporal y espacial del ensayo deja sin responder algunas preguntas. Una de ellas es sobre el efecto acumulado del pastoreo y el umbral de respuesta de la vegetación: ¿Cuántos pastoreos intensivos pueden realizarse sin que el pastizal atraviese un umbral crítico hacia un estado irreversible? Esto debiera contemplarse en ensayos de largo plazo en el marco de un esquema de estados y transiciones para evitar que el pastizal pierda procesos funcionales clave a causa del pastoreo (Westoby et al. 1989; López 2011). Otra pregunta a responder es sobre la combinación de distintos tipos de pastoreo: ¿qué efectos genera la alternancia de pastoreos en distinto momento y/o con diferente carga animal? Para responderla con certeza se debieran contemplar pastoreos intensivos en distintas estaciones del año, así como también pastoreos de distinta duración, a escala de establecimiento y durante años con precipitaciones distintas al promedio. Esta información, en conjunto con la evaluación de herramientas complementarias, puede ayudar a perfeccionar el manejo del pastoreo de los establecimientos de la región.

## Bibliografía

- Adler, P. B., y J. M. Morales. 1999. Influence of environmental factors and sheep grazing on an Andean grassland. *Journal of Range Management* 52:471–81.
- Aguiar, M., y O. Sala. 1994. Competition, facilitation, seed distribution and the origin of patches in a Patagonian steppe. *OIKOS* 70: 26-34.
- Aguiar, M., y O. Sala. 1997. Seed Distribution Constrains the Dynamics of the Patagonian Steppe. *Ecology* 78(1): 93-100.
- Allison, C. D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Journal of Range Management* 38: 305-311.
- An, H. y G. Li. 2014. Differential effects of grazing on plant functional traits in the desert grassland. *Polish Journal of Ecology* 62(2): 239-251.
- Archer, S. R. y J. K. Detling. 1984. The effects of defoliation and competition on regrowth of tillers of two North American mixed grass prairie graminoids. *Oikos* 43: 351-357.
- Ash, A. J., y J. G. McIvor. 1998. How season of grazing and herbivore selectivity influence monsoon tall-grass communities of northern Australia. *Journal of Vegetation Science* 9(1): 123–132.
- Augustine, D. J., D. T. Booth, S. E. Cox, y J. D. Derner. 2012. Grazing intensity and spatial heterogeneity in bare soil in a grazing-resistant grassland. *Rangeland Ecology and Management* 65: 39–46.
- Augustine, D. J., y S. J. McNaughton. 1998. Ungulate effects on the functional species composition of plant communities: Herbivore selectivity and plant tolerance. *Journal of Wildlife Management* 62: 1165-1183.
- Austin A. T. y L. Vivanco. 2006. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. *Nature* 442: 555-558.
- Baetti, C., P. Borrelli, y M. Collantes. 1993. Sitios glaciares y fluvio-glaciares del N de Tierra del Fuego. Páginas 103-109 en J. M. Paruelo, M. Bertiller, T. Schlichter, y F. Coronato (Eds). *Secuencias de deterioro en distintos ambientes patagónicos. Su caracterización mediante el modelo de Estados y Transiciones*. Bariloche, Ludepa SME.
- Bailey, D. W. 1995. Daily selection of feeding areas by cattle in homogeneous and heterogeneous environments. *Applied Animal Behaviour Science* 45: 183-200.
- Bailey, D. W., y J. R. Brown. 2011. Rotational Grazing Systems and Livestock Grazing Behavior in Shrub-Dominated Semi-Arid and Arid Rangelands. *Rangeland Ecology and Management* 64: 1-9.
- Baker, N. R., y S. D. Allison. 2015. Ultraviolet photodegradation facilitates microbial litter decomposition in a Mediterranean climate. *Ecology* 96: 1994–2003
- Bat-Oyun, T., M. Shinoda, Y. Cheng, y Y. Purevdorj. 2016. Effects of grazing and precipitation variability on vegetation dynamics in a Mongolian dry steppe. *Journal of Plant Ecology* 9(5): 508-519.
- Becker, G. F., C. A. Busso, T. Montani, M. A. Burgos, y M. B. Toribio. 1997. Effects of defoliating *Stipa tenuis* and *Piptochaetium napostaense* at different phenological stages: root growth. *Journal of Arid Environments* 35: 269-283.
- Belsky A. J. 1986. Does Herbivory Benefit Plants? A Review of the Evidence. *The American Naturalist* 127(6): 870-892.



- Bertiller M. B. y G. E. Deffosé. 1990. Grazing and plant growth interactions in a semiarid *Festuca pallescens* grassland (Patagonia). *Journal of Range Management* 43: 300-303.
- Bertiller, M. B. y A. J. Bisigato. 1998. Vegetation dynamics under grazing disturbance. The state-and-transition model for the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8: 191-199.
- Biederbeck, V. O., H. H. Janzen, C. A. Campbell, y R. P. Zentner. 1994. Labile soil organic matter as influenced by cropping practices in an arid environment. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1647-1656.
- Bisigato, A. J., y M. B. Bertiller. 1997. Grazing effects on patchy dryland vegetation in northern Patagonia. *Journal of Arid Environments* 36: 639-653.
- Bisigato, A. J., y M. B. Bertiller. 2004. Seedling recruitment of perennial grasses in degraded areas of the Patagonian Monte. *Journal of Range Management* 57: 191-196.
- Bonvissuto, G., E. Moricz de Tecso, O. Astibia, y J. Anchorena. 1983. Resultados preliminares sobre los hábitos dietarios de ovinos en un pastizal semidesértico de Patagonia. IDIA (INTA, Buenos Aires) 36: 243-253.
- Bonvissuto, G., G. Siffredi, J. Ayesa, D. Bran, R. Somlo, y G. Becker. 1993. Estepa subarbutivo-graminoso de *Mulinum spinosum* y *Poa ligularis*, en el área ecológica de Sierras y Mesetas Occidentales en el noroeste de la Patagonia. Páginas 23-29 en J. M. Páuelo, M. B. Bertiller, y F. R. Coronato (Eds.). *Secuencia de deterioro en distintos ambientes patagónicos: Su caracterización mediante el modelo de estados y transiciones*. Convenio Argentino-Alemaán, Cooperación técnica INTA-GTZ. Lucha contra la Desertificación en la Patagonia a través de un sistema de monitoreo ecológico (LUDEPA – SME).
- Bork, E. W., T. S. Broadbent, y W. D. Willms. 2017. Intermittent Growing Season Defoliation Variably Impacts Accumulated Herbage Productivity in Mixed Grass Prairie. *Rangeland Ecology and Management* 70(3): 307-315.
- Borrelli, P., F. Boggio, P. Sturzenbaum, M. Paramidani, R. Heinken, C. Pague, M. Stevens, y A. Nogués. 2013. Estándar para la regeneración y la sustentabilidad de los pastizales (GRASS). [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/nr/sustainability\\_pathways/docs/GRASS%20espanol.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/nr/sustainability_pathways/docs/GRASS%20espanol.pdf)
- Boyd, C. S., y T. J. Svejcar. 2009. Managing complex problems in rangeland ecosystems. *Rangeland Ecology and Management* 62: 491-499.
- Briske, D. D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. Páginas 85-108 en R. Heitschmidt, y J. Stuth (Eds.). *Grazing management. An ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon.
- Briske, D. D., J. D. Derner, J. R. Brown, S. D. Fuhlendorf, W. R. Teague, K. M. Havstad, R. L. Gillen, A. J. Ash, y W. D. Willms. 2008. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. *Rangeland Ecology and Management* 61: 3-17.
- Briske, D. D., J. D. Derner, D. G. Milchunas, y K. W. Tate. 2011. An Evidence-Based Assessment of Prescribed Grazing Practices. Páginas 21-74 en D. D. Briske (Ed.). *Conservation Benefits of Rangeland Practices: Assessment, Recommendations, and Knowledge Gaps*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Allen Press, Inc., Kansas.

- Briske, D. D., y R. K. Heitschmidt. 1991. An ecological perspective. Páginas 11-26 en R. K. Heitschmidt, y J. W. Stuth (Eds.). *Grazing management: an ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon.
- Briske, D. D., y J. H. Richards. 1994. Physiological responses of individual plants to grazing: current status and ecological significance. Páginas 147-176 en M. Vavra, W. A. Laycock, y R. D. Pieper (Eds.). *Ecological implications of livestock herbivory in the west*. Society for Range Management, Denver, CO.
- Briske, D. D., y J. H. Richards. 1995. Plant Responses to Defoliation: A Morphological, Physiological and Demographic Evaluation. En Bedunah, D. J., y R.E. Sosebee (Eds.) *Wildland Plants: Physiological Ecology and Developmental Morphology*. Soc. for Range Manage. Denver, CO.
- Bullock, J. M. 1996. Plant competition and population dynamics. Páginas 69-100 en J. Hodgson, y A. W. Illius (Eds.). *The ecology and management of grazing systems*. CAB International, Wallingford, UK.
- Buono, G., V. Massara Paletto, y D. Celdrán. 2011. Evolución de la disponibilidad forrajera de una estepa patagónica bajo diferente intensidad de uso ovino. *Revista Argentina de Producción Animal* 31: 135-143.
- Busso, C. A. y J. H. Richards. 1995. Drought and clipping effect on tiller demography and growth of two tussock grasses in Utah. *Journal of Arid Environments* 29: 239-251.
- Bustos, J. C. 2006. Características climáticas del campo anexo Pilcaniyeu (Río Negro). INTA EEA Bariloche. Serie Comunicaciones Técnicas, Área Recursos Naturales. Agrometeorología N° 25.
- Butterfield, J., S. Bingham, y A. Savory. 2006. *Holistic Management Handbook: Healthy Land, Healthy Profits*. Segunda edición, Island Press, 248 pp.
- Carman, J. G. 1985. Morphological Characterization and Defoliation Responses of Selected *Schizachyrium scoparium* Genotypes. *The American Midland Naturalist* 114: 37-43
- Carter, J., A. Jones, M. O'Brien, J. Ratner, y G. Wuerthner. 2014. Holistic Management: Misinformation on the Science of Grazed Ecosystems. *International Journal of Biodiversity*, vol. 2014, Article ID 163431, 10 pp.
- Cavagnaro, F. P., R. A. Golluscio, D. F. Wassner, y D. A. Ravetta. 2003. Caracterización química de arbustos patagónicos con diferente preferencia por los herbívoros. *Ecología Austral* 13: 215-222.
- Cesa, A., y J. M. Paruelo. 2011. Changes in vegetation structure induced by domestic grazing in Patagonia (Southern Argentina). *Journal of Arid Environments* 75: 1129-1135.
- Chamane, S., K. P. Kirkman, C. Morris, y T. O'Connor. 2017. What are the long-term effects of high-density, short-duration stocking on the soils and vegetation of mesic grassland in South Africa?, *African Journal of Range and Forage Science* 34(2): 111-121.
- Chaplot, V., P. Dlamini, y P. Chivenge. 2016. Potential of grassland rehabilitation through high density-short duration grazing to sequester atmospheric carbon. *GEODERMA* 271: 10-17.
- Cheli, G., G. Pazos, G. Flores, y J. C. Corley. 2016. Efectos de los gradientes de pastoreo ovino sobre la vegetación y el suelo en Península Valdés, Patagonia, Argentina. *Ecología Austral* 26(2): 200-211.

- Chimner, R., y J. Welker. 2005. Ecosystem Respiration Responses to Experimental Manipulations of Winter and Summer Precipitation in a Mixedgrass Prairie, WY, USA. *Biogeochemistry* 73(1): 257-270. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/20055195>.
- Cibils, A. F., R. J. Lira Fernández, G. E. Oliva, y J. M. Escobar. 2014. Is Holistic Management Really Saving Patagonian Rangelands From Degradation? A Response to Teague. *Rangelands* 36: 26-27.
- Cipriotti, P., y M. Aguiar. 2005. Effects of Grazing on Patch Structure in a Semi-Arid Two-Phase Vegetation Mosaic. *Journal of Vegetation Science* 16(1): 57-66.
- Cook, C. W., y L. A. Stoddart. 1953. Some growth responses of crested wheatgrass following herbage removal. *Journal of Range Management* 6: 267-270.
- Coughenour, M. B. 1991. Spatial components of plant-herbivore interactions in pastoral, ranching, and native ungulate ecosystems. *Journal of Range Management* 44: 530-542.
- Derner, J. D., y R. H. Hart. 2007. Grazing-Induced Modifications to Peak Standing Crop in Northern Mixed-grass Prairie. *Rangeland Ecology and Management* 60: 270-276.
- Detling, J. K., M. I. Dyer, y D. T. Winn. 1979. Net Photosynthesis, Root respiration, and Regrowth of *Bouteloua gracilis* following simulated grazing. *Oecologia* 41(2): 127-134.
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, y C. W. Robledo. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dickhoefer, U., J. Hao, B. M. Bösing, L. Lin, M. Gierus, F. Taube, y A. Susenbeth. 2014. Feed Intake and Performance of Sheep Grazing Semiarid Grassland in Response to Different Grazing Systems. *Rangeland Ecology and Management* 67:145-153.
- Duval, M. E., J. A. Galantini, J. O. Iglesias, S. Canelo, J. M. Martínez, y L. Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Journal Soil and Tillage Research* 131: 11-19.
- Elissalde, N., J. Escobar, y V. Nakamatsu. 2002. Inventario y evaluación de pastizales naturales de la zona árida y semiárida de la Patagonia. Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación. Cooperación técnica argentino-alemana, Convenio SA y DS- INTA- GTZ, 45 pp.
- Elliott, E. T. y C. A. Cambardella. 1991. Physical separation of soil organic matter. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 34: 407-419.
- Enriquez, A. S. y M. V. Cremona. 2017. Particulate organic carbon is a sensitive indicator of soil degradation related to overgrazing in Patagonian wet and mesic meadows. *Wetlands Ecology and Management*.
- Fernández, R. J., A. H. Nuñez, y A. Soriano. 1992. Contrasting demography of two Patagonian shrubs under different conditions of sheep grazing and resource supply. *Oecologia* 91:39-46.
- Ferraro, D. O., y M. Oesterheld. 2002. The effect of defoliation on grass growth. A quantitative review. *Oikos* 98: 125-133.
- Franzese, J., L. Ghermandi, y S. Gonzalez. 2015. Historical land use by domestic grazing revealed by the soil seed bank: a case study from a natural semiarid grassland of NW Patagonia (Argentina). *Grass and Forage Science* 71: 315-327.

- Funk, F. A., G. Peter, A. Loydi, A. I. Kröpfl, y R. A. Distel. 2012. Recuperación estructural y funcional de los espacios entre arbustos al cabo de 10 años de exclusión del pastoreo en una estepa semiárida del noreste de la Patagonia. *Ecología Austral* 22: 195-202.
- Gaitán, J. J. 2009. Topografía, pastoreo y vegetación como factores de control de la concentración y patrón espacial del carbono edáfico en la estepa patagónica. Tesis de Maestría en Recursos Naturales, Escuela para Graduados Alberto Soriano - Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.
- Gaitán, J. J., C. R. López, y D. E. Bran. 2009. Efectos del pastoreo sobre el suelo y la vegetación en la estepa patagónica. *Ciencia del Suelo* 27: 261-270.
- Galantini, J. A., y L. Suñer, 2008. Soil organic matter fractions: analysis of Argentine soils. *Agriscientia* XXV(1): 41-55.
- Gammon, D. M. 1984. An appraisal of short duration grazing as a method of veld management. *Zimbabwe Agriculture Journal* 81: 59-64.
- Gao, Y. Z., M. Giese, S. Lin, B. Sattelmacher, Y. Zhao, y H. Brueck. 2008. Below-ground net primary productivity and biomass allocation of a grassland in Inner Mongolia is affected by grazing intensity. *Plant and Soil* 307: 41-50.
- Girardin, L., E. Jockers, L. Villar, y C. Giraudo. 2011. Requerimientos y equivalencias entre especies. Páginas 64-69 en G. L. Siffredi, F. Boggio, H. Giorgetti, J. Ayesa, A. Kröpfl, y M. Alvarez. 2013. Guía para la Evaluación de Pastizales para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas Occidentales y de Monte de Patagonia Norte - 2da ed. Ediciones INTA, Bariloche.
- Gittins, C., C. A. Busso, G. Becker, L. Ghermandi, y G. L. Siffredi. 2010. Defoliation frequency affects morphophysiological traits in the bunchgrass *Poa ligularis*. *Phyton International* 79: 55-68.
- Godagnone, R. E., y D. E. Bran (Eds.). 2009. Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de Río Negro: geología, hidrología, geomorfología, suelos, clima, vegetación y fauna. Ediciones INTA, Buenos Aires, 392 pp.
- Gold, W. G., y M. M. Caldwell. 1989a. The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass. I. Growth responses. *Oecologia* 80: 289-296.
- Gold, W.G., y M. M. Caldwell. 1989b. The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass. II. Canopy gas exchange. *Oecologia* 81: 437-442.
- Golluscio, R. A., V. A. Deregibus, y J. M. Paruelo. 1998. Sustainability and range management in the Patagonian steppes. *Ecología Austral* 8: 265-284.
- Golluscio, R. A., M. Oesterheld, y M. R. Aguiar. 2005a. Relationship between phenology and life form: a test with 25 Patagonian species. *Ecography* 28(3): 273-282.
- Golluscio, R. A., J. A. Pérez, J. M. Paruelo, y C. M. Ghersa. 2005b. Spatial heterogeneity at different grain sizes in grazed versus ungrazed sites of the Patagonian steppe. *Ecoscience* 12: 103-109.
- Grant, S. A., G. T. Barthram, L. Torvell, J. King, y H. K. Smith. 1983. Sward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne*-dominated swards. *Grass Forage Science* 38: 333-344.
- Heady, H., y R. D. Child. 1994. *Rangeland Ecology and Management*. Boulder, Colorado, USA: Westview Press, 519 pp.

- Hein, L. 2006. The impacts of grazing and rainfall variability on the dynamics of a Sahelian rangeland. *Journal of Arid Environment* 64: 488-504.
- Heitschmidt, R. K., K. D. Klement, y M. R. Haferkamp. 2005. Interactive effects of drought and grazing on northern Great Plains rangelands. *Rangeland Ecology and Management* 58: 11-19.
- Heitschmidt, R., y J. Walker. 1983. Short Duration Grazing and the Savory Grazing Method in perspective. *Rangelands* 5: 147-150.
- Hilbert, D. W., D. M. Swift, J. K. Detling, y M. I. Dyer. 1981. Relative growth rates and the grazing optimization hypothesis. *Oecologia* 51: 14-18.
- Hill, M. J., y B. R. Watkin. 1975. Seed production studies on perennial ryegrass, timothy and prairie grass. *Grass and Forage Science* 30: 63-71.
- Hobbs, R. J., y L. F. Huenneke. 1992. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6: 324-337.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science* 34: 11-18.
- Holechek, J. L., H. Gomes, F. Molinar, D. Galt, y R. Valdez. 2000. Short-Duration Grazing: The Facts in 1999. *Rangelands* 22: 18-22.
- Holechek, J. L., R. D. Pieper, y C. H. Herbel. 1989. Range management: principles and practices. Englewood Cliffs, N. J., USA: Prentice Hall, 501 pp.
- Jabro, J. D., U. Sainju, W. B. Stevens, y R. G. Evans. 2008. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. *Journal of Environmental Management* 88: 1478-1484.
- Jin, Y. X., F. Liu, J. Zhang, M. Q. Han, Z. W. Wang, Z. Q. Qu, & G. D. Han. 2018. Net ecosystem carbon exchange characteristics in *stipa breviflora* desert steppe with different stocking rates. *Chinese Journal of Plant Ecology* 42(3): 361-371.
- Jobbágy, E., y O. Sala. 2000. Controls of grass and shrub aboveground production in the Patagonian steppe. *Ecological Applications* 10: 541-549.
- Jones, A. 2000. Effects of cattle grazing on North American arid ecosystems: a quantitative review. *Western North American Naturalist* 60: 155-164.
- Joseph, J., F. Molinar, D. Galt, R. Valdez, y J. Holechek. 2002. Short Duration Grazing Research in Africa. *Rangelands* 24: 9-12.
- Kinloch, J. E. y M. H. Friedel. 2005. Soil seed reserves in arid grazing lands of central Australia. Part 2: availability of 'safe sites'. *Journal of Arid Environments* 60: 163-185.
- Kinucan, R. J., y F. E. Smeins. 1992. Soil seed bank of a semiarid Texas grassland under three long-term (36 years) grazing regimes. *American Midland Naturalist* 128: 11-21.
- Kröpfl, A. I., V. A. Deregibus, y G. A. Cecchi. 2007. Disturbios en una estepa arbustiva del Monte: cambios en la vegetación. *Ecología Austral* 17: 257-268.
- Laterra, P., V. A. Deregibus, y N. O. Maceira. 1997. Demographic variability in tiller populations of two perennial pampa grasses. *Journal of Vegetation Science* 8: 369-376.
- Latour, M. y A. Pelliza Sbriller. 1981. Clave para la determinación de la dieta de herbívoros en el noroeste de la Patagonia. *Rev. Investigación Agrícola (INTA)* 16: 109-157.
- Lecain, D. R., J. Morgan, G. E. Schuman, J. D. Reeder, y R. Hart. 2000. Carbon Exchange Rates in Grazed and Ungrazed Pastures of Wyoming. *Journal of Range*

- Management 53(2): 199-206. doi:10.2307/4003283
- Lemaire, G., y D. Chapman. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J. and Illius, A.W., Eds., *The Ecology and Management of Grazing Systems*, CAB International, Wallingford, 3-36 pp.
  - León, R. J. C., y M. R. Aguiar. 1985. El deterioro por uso pasturil en estepas herbáceas patagónicas. *Phytocoenología* 13: 181-196.
  - León, R. J. C., D. E. Bran, M. Collantes, J. M. Paruelo, y A. Soriano. 1998. Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extra andina. *Ecología Austral* 8: 125-144.
  - Li, W., W. Cao, J. Wang, X. Li, C. Xu, y S. Shi. 2017. Effects of grazing regime on vegetation structure, productivity, soil quality, carbon and nitrogen storage of alpine meadow on the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ecological Engineering* 98: 123-133.
  - Lin, Y., M. Hongb, G. Hanb, M. Zhaob, Y. Baic, y S. X. Chang. 2010. Grazing intensity affected spatial patterns of vegetation and soil fertility in a desert steppe. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138: 282-292.
  - Liu, H., R. Zang, y H. Y. H. Chen. 2016. Effects of grazing on photosynthetic features and soil respiration of rangelands in the Tianshan Mountains of Northwest China. *Scientific Reports* 6, Article number: 30087 (2016). doi:10.1038/srep30087
  - López, D. 2011. Una aproximación estructural-funcional del Modelo de Estados y Transiciones para el estudio de la dinámica de la vegetación en estepas de Patagonia Norte. Tesis de Doctorado en Biología, Escuela de Doctorado, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue.
  - López, D., M. A. Brizuela, P. Willems, M. R. Aguiar, G. L. Siffredi, y D. Bran. 2013. Linking ecosystem resistance, resilience, and stability in steppes of North Patagonia. *Ecological Indicators* 24: 1-11.
  - López-Mársico, L., A. Altesor, M. Oyarzabal, P. Baldassini, y J. M. Paruelo. 2015. Grazing increases below-ground biomass and net primary production in a temperate grassland. *Plant Soil* 392(1): 155-162.
  - López-Mársico, L., M. Oyarzabal, A. Altesor, y J. M. Paruelo. 2016. Efecto del pastoreo sobre la productividad primaria neta subterránea de un pastizal templado. *Ecología Austral* 26: 256-263.
  - Ludwig, J. A., D. J. Tongway, y S. G. Marsden. 1994. A flow-filter model for simulating the conservation of limited resources in spatially heterogeneous, semi-arid landscapes. *Pacific Conservation Biology* 1, 209-213.
  - Ludwig, J. A. y D. J. Tongway. 1995. Spatial organization of landscapes and its function in semi-arid woodlands, Australia. *Landscape Ecology* 10:51-63.
  - Manley, W. A., R. H. Hart, M. J. Samuel, M. A. Smith, J. W. Waggoner, Jr., y J. T. Manley. 1997. Vegetation, cattle and economic responses to grazing strategies and pressures. *Journal of Range Management* 50: 638-646.
  - Maschinski, J., y T. G. Withman. 1989. The Continuum of Plant Responses to Herbivory: The Influence of Plant Association, Nutrient Availability, and Timing. *The American Naturalist* 134: 1-19.
  - Mayor, M. D., R. M. Bóo, D. V. Peláez, y O. R. Elía. 2003. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. *Journal of Arid Environments* 53: 467-477.
  - McNaughton, S. J. 1979. Grazing as an Optimization Process: Grass-Ungulate

Relationships in the Serengeti. *The American Naturalist* 113: 691-703.

- McNaughton, S. J. 1983. Compensatory Plant Growth as a Response to Herbivory. *Oikos* 40: 329-336.
- McNaughton, S. J., F. F. Banyikwa, y M. M. McNaughton. 1998. Root biomass and productivity in a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecology* 79: 587-592.
- McNaughton, S. J., L. Wallace, y M. B. Coughenour. 1983. Plant adaptation in an ecosystem context: effects of defoliation, nitrogen, and water on growth of an African C4 sedge. *Ecology* 64: 307-318.
- Mercau, J. L. 2000. Evaluación de dos métodos de manejo del pastoreo en una estepa del Noroeste patagónico. Tesis de Maestría en Recursos Naturales, Escuela para Graduados Alberto Soriano - Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.
- Mesléard, F., N. Yavercovski, G. Lefebvre, L. Willm, y A. Bonis, A. 2017. High Stocking Density Controls *Phillyrea Angustifolia* in Mediterranean Grasslands. *Environmental Management* 59: 455-463
- Milchunas, D. G., y W. K. Lauenroth. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63: 327-66.
- Milchunas, D. G., O. E. Sala, y W. K. Lauenroth. 1988. A Generalized Model of the Effects of Grazing by Large Herbivores on Grassland Community Structure. *The American Naturalist* 132: 87-106.
- Mingo, A., y M. Oesterheld. 2009. Retention of dead leaves by grasses as a defense against herbivores. A test on the palatable grass *Paspalum dilatatum*. *Oikos* 118: 753-757.
- Moreno, L. 2012. Variación de los atributos morfo-funcionales de los pastos perennes a lo largo de gradientes de aridez en la Patagonia. Tesis de Doctorado en Biología, Escuela de Doctorado, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue.
- Müller, B., K. Frank, y C. Wissel. 2007. Relevance of rest periods in non-equilibrium rangeland systems—a modelling analysis. *Agricultural Systems* 92:295-317.
- Murphy, J. S., y D. D. Briske. 1992. Regulation of tillering by apical dominance: Chronology, interpretive value, and current perspectives. *Journal of Range Management* 45: 419-429.
- Nash, M. S., E. Jackson, y W. G. Whitford. 2004. Effects of intense, short-duration grazing on microtopography in a Chihuahuan Desert grassland. *Journal of Arid Environments* 56(3): 383-393.
- Noy-Meir, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4: 25-41.
- O'Connor, T. G. 1991. Local extinction in perennial grasslands: a life-history approach. *Am. Nat.* 137: 753-773.
- Oesterheld, M., y S. J. McNaughton. 1988. Intraspecific Variation in the Response of *Themeda triandra* to Defoliation: The Effect of Time of Recovery and Growth Rates on Compensatory Growth. *Oecologia* 77: 181-186
- Oliva, G., C. Cepeda, D. Ferrante, y S. Puig. 2016. Holistic management in a semiarid Patagonian sheep station: slow grassland improvement with animal production complications. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Rangelands*

Congress, pp. 1115-1117.

- Oliva, G., A. Cibils, P. Borrelli, y G. Humano. 1998. Stable states in relation to grazing in Patagonia: a 10-year experimental trial. *Journal of Arid Environments* 40: 113-131.
- Oliva, G., M. Collantes, y G. Humano. 2005. Demography of grazed tussock populations in Patagonia. *Rangeland Ecology & Management* 58:466–473.
- Oliva, G., J. Gaitán, D. Bran, V. Nakamatsu, J. Salomone, G. Buono, J. Escobar, D. Ferrante, G. Humano, G. Ciari, D. Suarez, W. Opazo, E. Adema, y D. Celdrán. 2011. Manual para la Instalación y Lectura de Monitores MARAS. INTA – PNUD – GEF, Buenos Aires, Argentina, 72 pp.
- Oñatibia, G. R. 2013. Efectos y respuestas al pastoreo selectivo doméstico sobre plantas, poblaciones y ecosistemas pastoriles áridos. Tesis de Maestría en Recursos Naturales, Escuela para Graduados Alberto Soriano - Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires.
- Oñatibia, G. R., y M. R. Aguiar. 2016. Continuous moderate grazing management promotes biomass production in patagonian arid rangelands. *J. Arid Environ.*, 125: 73–79
- Pan, Z., D. A. Johnson, Z. Wei, L. Ma, y Y. Rong. 2016. Non-growing season soil CO<sub>2</sub> efflux patterns in five land-use types in northern China. *Atmospheric Environment* 144: 160-167.
- Parizek, B., C. M. Rostagno, y R. Sotini. 2002. Soil erosion as affected by shrub encroachment in north- eastern Patagonia. *Journal of Range Management* 55:43 - 48.
- Paruelo, J. M., R. A. Golluscio, y V.A. Deregibus. 1992. Manejo del pastoreo sobre bases ecológicas en la Patagonia extra-andina: una experiencia a escala de establecimiento. *Anales de la Sociedad Rural Argentina* 126: 68-80.
- Paruelo, J. M., S. Pütz, G. Weber, M. Bertiller, R. A. Golluscio, M. R. Aguiar, y T. Wiegand. 2008. Long-term dynamics of a semiarid grass steppe under stochastic climate and different grazing regimes: A simulation analysis. *Journal of Arid Environments* 72: 2211–2231.
- Paruelo, J. M., y O. E. Sala. 1995. Water Losses in the Patagonian Steppe: A Modelling Approach. *Ecology* 76: 510-520.
- Paz-Kagan T., N. Ohana-Levi, I. Herrmann, E. Zaady, Z. Henkin, y A. Karnieli. 2016. Grazing intensity effects on soil quality: A spatial analysis of a Mediterranean grassland. *CATENA* 146: 100-110.
- Perelman, S. B., R. J. C. León, y J. P. Bussacca. 1997. Floristic changes related to grazing intensity in a Patagonian shrub steppe. *Ecography* 20: 400–406.
- Plante, A. F., C. E. Stewart, R. T. Conant, K. Paustian, y J. Six. 2006. Soil management effects on organic carbon in isolated fractions of a Gray Luvisol. *Canadian Journal of Soil Science* 86: 141-151.
- Proulx, M., y A. Mazumder. 1998. Reversal of grazing impact on plant species richness in nutrient-poor vs. nutrient-rich ecosystems. *Ecology* 79: 2581-2592.
- Reece, P. E., J. E. Brummer, R. K. Engel, B. K. Northup, y J. T. Nichols. 1996. Grazing date and frequency effects on prairie sandreed and sand bluestem. *Journal of Range Management* 49: 112–116.



- Ren, H., G. Han, M. Ohm, P. Schönbach, M. Gierus, y F. Taube. 2015. Do sheep grazing patterns affect ecosystem functioning in steppe grassland ecosystems in Inner Mongolia?. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 213: 1-10.
- Ren H., G. Han, P. Schönbach, M. Gierus, F. Taube. 2016. Forage nutritional characteristics and yield dynamics in a grazed semiarid steppe ecosystem of Inner Mongolia, China. *Ecological Indicators* 60: 460-469.
- Robson, M. J., G. J. A. Ryle, y J. Woledge. 1988. The grass plant – its form and function. En: *The Grass Crop* (eds Jones M y Lazenby A), pp. 25–84. London, Chapman and Hall Ltd.
- Rong, Y., D. A. Johnson, Z. Wang, y L. Zhu. 2017. Grazing effects on ecosystem CO<sub>2</sub> fluxes regulated by interannual climate fluctuation in a temperate grassland steppe in northern China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 237:194–202.
- Rydin, H., y J. Jeglum. 2006. *The Biology of Peatlands. Biology of habitats.* Oxford Univ. Press NY.
- Saint Pierre, C., C. A. Busso, O. A. Montenegro, G. D. Rodríguez, H. D. Giorgetti, T. Montani, y O. A. Bravo. 2002. Root proliferation in perennial grasses of low and high palatability. *Plant Ecology* 165: 161–167.
- Sala, O. E., R. A. Golluscio, W. K. Lauenroth y A. Soriano. 1989. Resource partitioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe. *Oecologia* 81: 501-505.
- Salihi, D., y B. Norton. 1987. Survival of Perennial Grass Seedlings Under Intensive Grazing in Semi-Arid Rangelands. *Journal of Applied Ecology*, 24(1): 145-151. doi:10.2307/2403793
- Sarkar, D., y A. Haldar. 2005. *Physical and Chemical Methods In Soil Analysis.* New Age International.
- Savory, A. 1983. The Savory grazing method or holistic resource management. *Rangelands* 5: 155–159.
- Savory, A. 1988. *Holistic resource management.* Covelo, CA, USA: Island Press, 564 pp.
- Savory, A. 1991. Holistic resource management: a conceptual framework for ecologically sound economic modeling. *Ecological Economics* 3: 181-191.
- Savory, A., y S. Parsons. 1980. The Savory grazing method. *Rangelands* 2: 234–237.
- Semmartin M., M. R. Aguiar, R. A. Distel, A. S. Moretto, y C. M. Ghersa. 2004. Litter quality and nutrient cycling affected by grazing-induced species replacements along a precipitation gradient. *OIKOS* 107: 148-160.
- Shao, C., J. Chen, y L. Li. 2013. Grazing alters the biophysical regulation of carbon fluxes in a desert steppe. *Environmental Research Letters* 8: 025012. doi:10.1088/1748-9326/8/2/025012
- Siffredi, G. L. 2012. *Guía de evaluación de pastoreo de cuadros.* Ediciones INTA, Bariloche, 33 pp.
- Siffredi, G. L., G. F. Becker, J. P. Mueller, G. L. Bonvissuto, y J. A. Ayesa. 1992. Efecto de la carga animal sobre la vegetacion y la produccion ovina en Rio Mayo (Patagonia), luego de diez años de pastoreo. INTA EEA Bariloche. Serie Comunicaciones Técnicas, Área Recursos Naturales N° 85.
- Siffredi, G. L., F. Boggio, H. Giorgetti, J. Ayesa, A. Kröpfl, y M. Alvarez. 2013. *Guía para la Evaluación de Pastizales para las áreas ecológicas de Sierras y Mesetas*

Occidentales y de Monte de Patagonia Norte - 2da ed. Ediciones INTA, Bariloche. Pag 69.

- Skovlin, J. 1987. Southern Africa's experience with intensive short duration grazing. *Rangelands* 9: 162–167.
- Somlo, R., C. Durañona, y R. Ortiz. 1985. Valor nutritivo de especies forrajeras patagónicas. *Revista Argentina de Producción Animal* 5(9): 588-603.
- Soriano, A. 1956 Aspectos ecológicos y pasturales de la vegetación patagónica relacionados con su estado y capacidad de recuperación. *Revista de Investigaciones Agrícolas* 10: 349-372.
- Soriano, A. 1983. Deserts and semi-deserts of Patagonia. 423-459 pp. In: *Ecosystems of the World*, Vol 5. Temperate Desertys and Semi-deserts. Elsevier Publ. Co. Ámsterdam-Oxford-New York.
- Soriano, A., R. Golluscio, y E. Satorre. 1987. Spatial Heterogeneity of the Root System of Grasses in the Patagonian Arid Steppe. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 114(2): 103-108.
- Soriano, A., y O. E. Sala. 1983. Ecological strategies in a Patagonian arid steppe. *Vegetation* 56: 9–15.
- Soriano, A., O. E. Sala, y S. B. Perelman. 1994. Patch structure and dynamics in a Patagonian arid steppe. *Vegetatio* 111: 127–135.
- Sparks, D. R., y J. C. Malechek. 1968. Estimating percentage dry weight in diets using a microscopic technique. *Journal of Range Manage* 21 (4): 264-265.
- Sternberg, M., M. Gutman, A. Perevolotsky, E D. Ungar, y J. Kigel. 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology* 37: 224–237.
- Taylor, C. A., T. D. Brooks, y N.E. Garza. 1993. Effects of short duration and high-intensity, low-frequency grazing systems on forage production and composition. *Journal of Range Management* 46: 118-121.
- Teague, W. R., S. L. Dowhower, y J. Waggoner. 2004. Drought and grazing patch dynamics under different grazing management. *Journal of Arid Environments* 58: 97-117.
- Thurow, T. L., W. H. Blackburn, y C. A. Taylor, Jr. 1988. Infiltration and interrill erosion responses to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. *Journal of Rangel Management* 41: 295-302.
- Thurow, T. L. 1991. Hydrology and Erosion. En: Heitschmidt, R.K. y J. W. Stuth (Eds.). *Grazing management: an ecological perspective*. Timber Press, Portland, Oregon, 141-159 pp.
- Tongway, D. J., y N. Hindley. 2004. *Landscape Function Analysis: Procedures for Monitoring and Assessing Landscapes with Special Reference to Minesites and Rangelands*. Sustainable Ecosystems, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Canberra, ACT, Australia, 80 pp.
- Vallentine, J. F. 2001. *Grazing Management*. 2nd Edition. Academic Press, San Diego, California.
- Videla, L. S., C. M. Rostagno, y M. A. Toyos. 2008. La materia orgánica particulada: comparación de métodos para su determinación y su valor como indicador de calidad de suelos del Chubut. *Ciencia del Suelo* 26(2): 219-227.
- Wan, H., Y. Bai, D. U. Hooper, P. Schoenbach, M. Gierus, A. Schiborra, y F. Taube. 2015. Elective grazing and seasonal precipitation play key roles in shaping

plant community structure of semi-arid grasslands. *Landscape Ecology* 30(9): 1767-1782.

- Wang, D., G. L. Wu, Y. Liu, Z. Yang, y H. M. Hao. 2015a. Effects of grazing exclusion on CO<sub>2</sub> fluxes in a steppe grassland on the Loess Plateau (China). *Ecol. Eng.* 83: 169–175.
- Wang, D., L. Yu, W. Gao-Lin, D. Lu-Ming, Y. Zheng, y H. Hong-Min. 2015b. Effect of rest-grazing management on soil water and carbon storage in an arid grassland (China). *Journal of Hydrology*, 527: 754-760.
- Ward, D., D. Saltz, y B. T. Ngairorue. 2004. Spatio-temporal rainfall variation and stock management in arid Namibia. *Journal of Range Management* 57: 130–140.
- Warren, S. D., T. L. Thurow, W. H. Blackburn y N. E. Garza. 1986. The Influence of Livestock Trampling under Intensive Rotation Grazing on Soil Hydrologic Characteristics. *Journal of Range Management* 39: 491-495.
- Weltz, M., y M. K. Wood. 1986. Short Duration Grazing in Central New Mexico: Effects on Infiltration Rates. *Journal of Range Management* 39: 365-368.
- Westoby, M., B. Walker, y I. Noy-Meir. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42: 266–274.
- Willatt, S. T, y D. M. Pullar. 1984. Changes in soil physical properties under grazed pastures. *Australian Journal of Soil Research* 22: 343–348.
- Williams, O. B. 1969. An improved technique for identification of plant fragments in herbivore feces. *Journal of Range Manage* 22 (1): 51-52.
- Zhang, J., y J. T. Romo. 1994. Defoliation of a northern wheatgrass community: Above- and belowground phytomass productivity. *Journal of Range Management* 47: 279–284.
- Zhang, J., y J. T. Romo. 1995. Impacts of Defoliation on Tiller Production and Survival in Northern Wheatgrass. *Journal of Range Management*, 48(2): 115-120. doi:10.2307/4002796
- Zhao, Y., S. Peth, J. Krümmelbein, R. Horn, Z. Wang, M. Steffens, C. Hoffmann, y X. Peng. 2007. Spatial variability of soil properties affected by grazing intensity in Inner Mongolia grassland. *Ecological Modelling* 205: 241-254
- Zhao, H., X. Zhao, R. Zhou, T. Zhang, y S. Drake. 2005. Desertification processes due to heavy grazing in sandy rangeland, Inner Mongolia. *Journal of Arid Environments* 62: 309-319.

## Apéndice

**Tabla A.2.1** Precipitación, temperatura media y humedad del suelo en los años de estudio (2014, 2015 y 2016) y en el período 1986-2003 (promedio histórico) en el sitio de estudio. Los datos de precipitación y temperatura provienen de la Estación Meteorológica INTA Campo Anexo Pilcaniyeu y los datos de humedad de suelo fueron medidos a 20 cm de profundidad en interparques del estudio mediante gravimetría.

Mes	Precipitación (mm)				Temperatura media (°C)				Humedad suelo (%)		
	Prom. histórico	2014	2015	2016	Prom. histórico	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Enero	6.1	6.6	-	2.8	14.2	15.5	-	18.0	-	4.9	3.4
Febrero	12.6	1.8	-	27.8	14.2	13.8	-	16.3	-	5.3	3.1
Marzo	15.8	2.4	0.8	0.0	11.9	12.1	13.7	14.2	-	4.4	3.0
Abril	17.8	103.8	21.0	29.0	7.1	7.6	9.3	6.7	-	2.4	11.6
Mayo	41.4	37.5	12.5	46.8	3.9	5.0	5.7	6.6	-	8.8	14.3
Junio	48.4	19.6	75.4	3.5	1.4	2.1	2.5	1.3	-	11.8	12.0
Julio	36.0	28.2	22.6	42.8	0.9	1.9	1.9	1.0	-	13.0	-
Agosto	27.3	48.6	45.6	31.5	2.6	4.2	3.1	3.4	-	15.4	-
Septiembre	17.9	18.2	14.0	7.5	4.7	4.7	4.2	6.2	14.1	13.2	-
Octubre	16.4	12.5	1.6	60.5	7.9	8.6	5.6	7.9	12.3	9.2	-
Noviembre	10.0	10.5	3.3	-	10.7	10.2	12.1	-	12.9	-	-
Diciembre	8.6	3.5	0.0	-	12.4	17.5	15.2	-	7.8	4.9	-
<b>Anual</b>	<b>258.4</b>	<b>293.2</b>	<b>196.8</b>	<b>252.0</b>	<b>7.7</b>	<b>8.6</b>	<b>7.3</b>	<b>8.2</b>	<b>11.8</b>	<b>8.5</b>	<b>7.9</b>

**Tabla A.2.2** Diámetro basal promedio de *Poa ligularis*, *Pappostipa speciosa*, *Azorella prolifera* y *Senecio filaginoides* en 2014, antes del inicio de los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoño. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos. Se muestra la media  $\pm$  error estándar.

Tratamientos de pastoreo	Diámetro basal promedio (cm)			
	<i>Poa ligularis</i>	<i>Pappostipa speciosa</i>	<i>Azorella prolifera</i>	<i>Senecio filaginoides</i>
Clausura	23,13 $\pm$ 1,71 ab	19,63 $\pm$ 1,68 a	61,67 $\pm$ 2,97 a	52,71 $\pm$ 4,71 a
Moderado	28,83 $\pm$ 1,71 a	18,17 $\pm$ 1,68 a	61,55 $\pm$ 3,1 a	61,33 $\pm$ 4,71 a
Invernal	21,54 $\pm$ 1,71 b	19,92 $\pm$ 1,68 a	66,63 $\pm$ 2,97 a	55,21 $\pm$ 4,71 a
Primavera	24,63 $\pm$ 1,71 ab	19,29 $\pm$ 1,68 a	68,25 $\pm$ 2,97 a	49,79 $\pm$ 4,71 a
Otoño	20,83 $\pm$ 1,71 b	16,83 $\pm$ 1,68 a	61 $\pm$ 2,97 a	62,83 $\pm$ 4,71 a

**Tabla A.2.3** Grado de uso de *Poa ligularis* y *Pappostipa speciosa* en distintos momentos de aplicación de los tratamientos de pastoreo intensivo Invernal, Primavera y Otoño.

Pastoreo intensivo	Días de pastoreo	Grado de uso (1 a 5)	
		<i>Poa ligularis</i>	<i>Pappostipa speciosa</i>
Invernal 2014	0	1	-
	7	1,83	-
	14	2,64	-
	17	3,75	-
Primavera 2014	0	1	1
	30	4,17	-
	35	4,69	3,14
Otoño 2015	0	1	1
	34	3,72	1,73
	41	4,25	2,01
Invernal 2015	0	1	1
	27	3,77	1,94
	34	4,05	1,46
Primavera 2015	0	1	1
	12	4,23	1,38
	19	4,53	2,17
Otoño 2016	0	1	1
	21	3,69	1,38
	31	4,09	2

**Tabla A.2.4** Composición botánica (%) de la dieta de ovejas bajo los tratamientos de pastoreo Moderado Continuo e Intensivo en tres momentos del año: invierno, primavera y otoño. Los datos corresponden al último día del pastoreo intensivo correspondiente. Se muestra el promedio de dos años de tratamientos.

Especie		Invierno		Primavera		Otoño	
		Intensivo	Moderado	Intensivo	Moderado	Intensivo	Moderado
<i>Pappostipa sp.</i>	G	<b>39,29</b>	<b>29,50</b>	<b>43,73</b>	<b>10,61</b>	<b>56,40</b>	<b>14,74</b>
<i>Poa sp.</i>	G	<b>34,58</b>	<b>32,95</b>	<b>30,54</b>	<b>25</b>	<b>21,33</b>	<b>24,45</b>
<i>Acaena sp.</i>	H	*	11,88	*	10,98	*	26,28
<i>Cerastium sp.</i>	H	1,29	5,75	2,85	24,24	3,36	1,16
<i>Ephedra sp.</i>	A	7,02	3,07	2,54		2,51	4,23
<i>Festuca pallescens</i>	G	3,59		1,07	*	*	11,89
<i>Loasa sp.</i>	H				10,61		
<i>Puccinellia</i>	G	*	8,05				
<i>Bromus sp.</i>	G	*	2,68	*	2,27	*	2,03
<i>Berberis sp.</i>	A	3,91		*		2,19	*
<i>Senecio sp.</i>	A	<b>1,66</b>	*	<b>1,28</b>	<b>2,27</b>	*	*
Fruto					6,44	*	
<i>Festuca argentina</i>	G			6,30			
<i>Adesmia volckmanii</i>	A	*		*	4,17	*	1,03
<i>Arjona sp.</i>	H	*	2,30	*		*	2,58
<i>Perezia sp.</i>	H	*		4,05		1,48	
<i>Rytidosperma sp.</i>	G	1,43		*		2,35	*
<i>Acantholippia sp.</i>	A			*		4,24	
<i>Medicago lupulina</i>	H	2,81		*		*	
<i>Distichlis sp.</i>	G	*	1,15	*	1,14		*
<i>Carex sp.</i>	Gr.	*	*	*		*	1,16
<i>Juncus sp.</i>	Gr.				*		2,20
<i>Rumex sp.</i>	H	*	1,15	1,22			
<i>Azorella prolifera</i>	A					<b>1,30</b>	<b>1,14</b>
Brassicaceae	H				1,52		
<i>Eleocharis sp.</i>	Gr.			*		*	1,03
<i>Plantago sp.</i>	H	*		*			*
Fabaceae	H	1,04					
<i>Holcus sp.</i>	G					*	*
<i>Mutisia sp.</i>	A					*	*
<i>Erodium sp.</i>	H	*		*			
<i>Chuquiraga sp.</i>	A						*
<i>Hordeum sp.</i>	G			*			
<i>Anarthrophyllum sp.</i>	A	*	*			*	
Boraginaceae	H	*		*			*
<i>Astragalus sp.</i>	H			*			
<i>Junellia sp.</i>	A						*
<i>Nassauvia sp.</i>	A			*			*
<i>Maihuenia sp.</i>	A			*			
<i>Hierba s/identificar</i>	H					*	
<i>Baccharis sp.</i>	A					*	
Total gramíneas	G	79,81	74,33	83,28	39,39	81,33	55,42
Total arbustos	A	12,80	4,21	5,04	6,44	12,29	9,06
Total graminoideas	Gr.	0,15	0,38	1,07	0,38	0,56	4,39
Total hierbas	H	7,24	21,07	10,61	53,79	5,81	31,13

\*: Especies con una participación menor al 1% de la dieta

**Tabla A.3.1** Listado de especies según grupo funcional y preferencia forrajera (Siffredi et al. 2013). Se considera como preferidas tanto a las de preferencia alta como a las de preferencia intermedia.

<b>Especie</b>	<b>Categoría</b>
<i>Adesmia volckmanii</i>	Arbusto preferido
<i>Berberis heterophylla</i>	Arbusto preferido
<i>Bromus setifolius</i>	Pasto preferido
<i>Carex sp.</i>	Pasto preferido
<i>Festuca argentina</i>	Pasto no preferido
<i>Festuca pallescens</i>	Pasto preferido
<i>Hordeum comosum</i>	Pasto preferido
<i>Jarava humilis</i>	Pasto no preferido
<i>Maihuenia patagónica</i>	Arbusto no preferido
<i>Azorella prolifera</i>	Arbusto preferido
<i>Nassauvia glomerulosa</i>	Arbusto no preferido
<i>Pappostipa major</i>	Pasto no preferido
<i>Pappostipa speciosa</i>	Pasto preferido
<i>Perezia recurvata</i>	Pasto no preferido
<i>Poa lanuginosa</i>	Pasto preferido
<i>Poa ligularis</i>	Pasto preferido
<i>Senecio bracteolatus</i>	Arbusto no preferido
<i>Senecio filaginoides</i>	Arbusto no preferido
<i>Tetraglochin alatum</i>	Arbusto no preferido

**Tabla A.3.2** Características estructurales de la comunidad vegetal en junio 2014, antes del inicio de los tratamientos de pastoreo: Clausura, Moderado Continuo e Intensivos: Invernal, Primavera y Otoñal. Letras iguales en las filas indican ausencia de diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos. Se muestra la media  $\pm$  error estándar.

		Tratamiento de pastoreo				
		Clausura	Moderado	Invernal	Primavera	Otoñal
<b>Cobertura absoluta (%)</b>	Vegetal viva	40,22 $\pm$ 1,35 a	46,44 $\pm$ 2,47 a	43,11 $\pm$ 1,56 a	46,44 $\pm$ 1,94 a	45,56 $\pm$ 5,91 a
	Suelo desnudo	47,55 $\pm$ 1,18 a	45,78 $\pm$ 2,56 a	44,89 $\pm$ 4,01 a	43,55 $\pm$ 3,14 a	40,22 $\pm$ 5,89 a
	Mantillo	9,78 $\pm$ 3,21 a	7,11 $\pm$ 0,5 9 a	11,56 $\pm$ 2,19 a	8,67 $\pm$ 1,76 a	13,11 $\pm$ 0,89 a
	Muerto en pie	2,44 $\pm$ 1,46 a	0,67 $\pm$ 0,38 a	0,44 $\pm$ 0,44 a	1,33 $\pm$ 1,02 a	1,11 $\pm$ 1,11 a
	Pastos preferidos	25,11 $\pm$ 2,56 a	26 $\pm$ 4,82 a	26,67 $\pm$ 3,91 a	23,33 $\pm$ 1,15 a	23,56 $\pm$ 2,73 a
	Pastos no preferidos	4,22 $\pm$ 2,41 a	5,11 $\pm$ 0,8 a	1,78 $\pm$ 1,75 a	10 $\pm$ 3,67 a	7,55 $\pm$ 1,35 a
	Arbustos preferidos	4,67 $\pm$ 1,39 a	7,56 $\pm$ 2,73 a	8,44 $\pm$ 2,73 a	6 $\pm$ 1,54 a	8,22 $\pm$ 2,22 a
	Arbustos no preferidos	4,22 $\pm$ 0,22 a	4,67 $\pm$ 0 a	3,33 $\pm$ 1,76 a	4,45 $\pm$ 1,9 a	4,45 $\pm$ 1,35 a
<b>Parches</b>	Longitud basal (cm)	43,57 $\pm$ 4,78 a	42,9 $\pm$ 4,29 a	47,53 $\pm$ 1,91 a	42,7 $\pm$ 2,7 a	39,4 $\pm$ 1,9 a
	Ancho basal (cm)	152,79 $\pm$ 11,07 a	111,63 $\pm$ 18,17 a	121,23 $\pm$ 3,56 a	140,16 $\pm$ 10,88 a	101,76 $\pm$ 12,77 a
	Altura (cm)	28,36 $\pm$ 0,1 a	23,39 $\pm$ 0,51 a	24,75 $\pm$ 2,6 a	28,84 $\pm$ 1,24 a	25,34 $\pm$ 1,21 a
	Densidad (n°/m)	0,82 $\pm$ 0,04 a	0,74 $\pm$ 0,03 a	0,86 $\pm$ 0,06 a	0,85 $\pm$ 0,04 a	0,92 $\pm$ 0,06 a
<b>Interparches</b>	Longitud (cm)	75,8 $\pm$ 5,99 a	91,1 $\pm$ 0,65 a	68,23 $\pm$ 6,44 a	74,17 $\pm$ 3,46 a	67,7 $\pm$ 7,46 a



**Tabla A.4.1** Peso vivo (kg) y condición corporal (escala 1 a 5) de ovejas en pastoreo intensivo, medidos al inicio y al final de cada tratamiento de pastoreo intensivo. Se muestra el promedio de quince animales por tratamiento por año.

Pastoreo intensivo		Peso vivo				Condición corporal		
		Inicial	Final	Diferencia total (kg)	Diferencia diaria (kg/animal/día)	Inicial	Final	Diferencia total
Invernal	año 1	-	-	-	-	-	-	-
	año 2	43,2	37,5	-5	-0,13	2,2	1,9	-0,32
Primaveral	año 1	43,1	42,5	-0,6	-0,02	2,8	2,2	-0,55
	año 2	42	42	0	0	2,7	2,5	-0,16
Otoñal	año 1	48,5	43	-5,5	-0,13	2,9	2,2	-0,75
	año 2	47,7	40,6	-7,1	-0,23	2,2	1,7	-0,43